KOLLÁR FERENC

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ

# TARTALOMJEGYZÉK


**BEVEZETŐ ..... 7**

## I. RÉSZ: KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE

**IPARI VAGY SZKH; VAGY IPARI ÉS SZKH HULLADÉKBÓL PLAZMAREAKTORBAN ELŐÁLLÍTOTT PIROGÁZZAL (MELYNEK HULLADÉKHŐJE IS HASZNOSÍTÁSRA KERÜL); ÉS ÜVEGHÁZBAN MŰKÖDŐ ALGA-FOTOBIOREAKTORBAN SZAPORÍTOTT ALGÁBÓL PRÉSELÉSSEL VAGY ULTRAHANGOS MÓDSZERREL VAGY EXTRAKCIÓS FOLYAMATTAL ELŐÁLLÍTOTT ALGAOLAJJAL, VAGY BÁRMELY NÖVÉNYI EREDETŰ OLAJJAL VAGY BIODÍZELLEL VAGY ÚJRAHASZNOSÍTOTT FÁRADTOLAJJAL, VAGY ÚJRAHASZNOSÍTOTT SÜTŐOLAJJAL, VAGY SZINTETIKUS OLAJJAL VAGY AZ ELŐBBIEK BÁRMELY KEVERÉKÉVEL MEGHAJTOTT GÁZ-TURBINÁVAL, VALAMINT ANNAK HULLADÉKHŐJÉVEL ÜZEMELTETETT GŐZ-TURBINÁVAL ELEKTROMOS- ÉS HŐENERGIA TERMELÉS, MELYNÉL A GÁZ-TURBINA KIPUFOGÓGÁZÁNAK SZÉNDIOXID TARTALMA AZ ALGÁK TÁPLÁLÉKAKÉNT KERÜL FELHASZNÁLÁSRA**

**A KLÍMAVÁLTOZÁS, A KLÍMAVÉDELEM ÉS AZ ALKALMAZKODÁS ..... 15**
- Bevezető helyett – Stern jelentés ..... 17
- Megoldás az adaptáció – vagyis az alternatív energia ..... 30

**ELSŐ VÁLASZ: HULLADÉKBÓL ENERGIA ..... 33**
- Kiindulási pontok ..... 35
- Hulladékmegsemmisítők összehasonlítása ..... 35
- A kutatócsoport olyan megoldást keresett, melynél hulladékhő nélkül elektromos energia állítható elő ..... 46
- A plazmatechnológiás hulladékokat feldolgozó komplexum alaptechnológiai sorának rövid leírása ..... 47
- Magas hőmérsékletű plazmakonverter ..... 47

**MÁSODIK VÁLASZ: ALGÁBÓL ENERGIA ..... 51**
- Az alga-biodízel ..... 53
- A fotobioreaktor ..... 57
- Algaolaj termelés dilemmái ..... 63
- A mikroalga-biodízel gazdaságosságának javítása ..... 68
- Alga-olajkinyerés más módszerekkel ..... 71
- Az alga-fotobioreaktor terve üvegházban ..... 71

**HARMADIK VÁLASZ: MAGYAR K+F A PLAZMAERŐMŰ-ALGAREAKTOR KOMBINÁT ..... 75**
- Hulladékból energia ..... 77
- Magyar K+F a plazmaerőmű-algareaktor kombinát ..... 78
- Előzetes adatszolgáltatás az engedélyeztetési eljárás lefolytatásához ..... 79

**SZABADALMI ÖSSZEFOGLALÓ ..... 85**
- Klíma- és környezetbarát erőmű és eljárás az erőmű működtetésére ..... 85
- Szabadalmi igénypontok ..... 91
- Tételjegyzék ..... 92
- Az algaolaj előállító üzem sematikus ábrázolása ..... 93
- Az erőmű részegységeinek sematikus ábrázolása ..... 94
- Az erőmű működési elvének sematikus ábrázolása ..... 95

**MELLÉKLET ..... 97**

## II. RÉSZ: KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MEGVALÓSÍTÁSI TERVE

**IPARI HULLADÉKOT ÉS BIOMASSZÁT FELDOLGOZÓ, MAGASHŐMÉRSÉKLETŰ PLAZMÁS TECHNOLÓGIÁN ÉS ALGA-FOTOBIOREAKTORON ALAPULÓ KOMPLEXUM ÉPÍTÉSE EGY IPARI PARKBAN, MAGYARORSZÁGON**

**1. ÖSSZEFOGLALÁS ..... 103**
- 1.1. A PROJEKT ÁLTALÁNOS JELLEMZŐJE ..... 103
- 1.2. A PROJEKT TERMÉKPIACAINAK JELLEMZÉSE ..... 105
- 1.3. A PROJEKT MEGVALÓSÍTÁSÁNAK SZAKASZAI ÉS HATÁRIDŐK ..... 110
- 1.4. A PROJEKT FŐBB PÉNZÜGYI ÉS GAZDASÁGI MUTATÓI ..... 111
- 1.5. A PROJEKT MEGVALÓSÍTÁS GAZDASÁGI HATÉKONYSÁGÁNAK ÉRTÉKELÉSE ..... 111

**2. A PROJEKT MARKETING MEGALAPOZOTTSÁGA ÉS MARKETING TERVE ..... 111**
**2.1. A VILLAMOSENERGIA PIAC JELLEMZÉSE ..... 111**
*2.1.1. Villamosenergia termelés és felhasználás Magyarországon ..... 111*
*2.1.2. A villamosenergia kereslet és kínálat elemzése Magyarországon ..... 113*
*2.1.3. Az villamos áram árdinamikája és a villamosenergia piac fejlődési perspektívája ..... 114*
**2.2. A HŐENERGIA PIAC JELLEMZÉSE ..... 115**
*2.2.1. Hőenergia termelés és fogyasztás ..... 115*
**2.3. A BAZALTSZERŰ SALAK PIAC JELLEMZÉSE ..... 116**
*2.3.1. A bazaltszerű salak termelése és felhasználása ..... 116*
**2.4. A HULLADÉKKEZELÉS SZOLGÁLTATÓI PIACÁNAK JELLEMZÉSE ..... 117**
*2.4.1. Hulladékkezelésére vonatkozó szolgáltatások piacának állapota és fejlesztésének prognózisa 117*
*2.4.2. Hulladék elhelyezésének, lerakásának és ártalmatlanításánk költsége ..... 119*
**2.5. PROJEKT SZERINT ELŐÁLLÍTOTT TERMÉKEK ELADÁSI MODELLJE ÉS HATÉKONY ÉRTÉKESÍTÉSI POLITIKÁJA 119**
*2.5.1. A termékajánlatok optimális paraméterei a piaci feltételek, szerződő felek sajátosságainak figyelembevételével ..... 119*
*2.5.2. Versenyképes árajánlatok kialakításának megközelítése ..... 121*
*2.5.3. Termékek értékesítési csatornái, optimális struktúra ..... 121*
**2.6. POTENCIÁLIS VEVŐK ALAPVETŐ KÖRÉNEK A PROJEKT CÉLTERMÉKEINEK ÉRTÉKESÍTÉSÉBŐL SZÁRMAZÓ BEVÉTELÉNEK ELŐREJELZÉSE ..... 123**

**3. A PROJEKT MEGVALÓSÍTÁSÁNAK BEFEKTETÉSI TERVE ..... 123**
**3.1. A TERMELÉSI TECHNOLÓGIA RÖVID JELLEMZÉSE ..... 123**
**3.2. A BERUHÁZÁS LÉTESÍTMÉNYEINEK FELSOROLÁSA ..... 125**
*3.2.1. A biomassza és a hulladék feldolgozási egysége ..... 125*
*3.2.2. Energetikai blokk ..... 125*
*3.2.3. Biodízel üzemanyag és alga-biomassza gyártási egysége ..... 128*
**3.3. ÉPÍTÉSI-SZERELÉSI MUNKÁK KÖLTSÉGEINEK ELSZÁMOLÁSA. TERMELŐBERENDEZÉSEK BESZERZÉSI, TELEPÍTÉSI ÉS ÜZEMBEHELYEZÉSI KÖLTSÉGEINEK ELSZÁMOLÁSA ..... 129**
**3.4. A TERMELŐOBJEKTUMOK ÉPÍTÉSI ÉS ÜZEMBEHELYEZÉSI ÖSSZKÖLTSÉGÉNEK ELSZÁMOLÁSA ..... 132**
**3.5. ÖSSZESÍTETT BERUHÁZÁSI ÜTEMTERV ..... 132**

**4. A PROJEKT „ÜZEMBEHELYEZÉSI" FÁZISÁNAK KÖLTSÉGTERVE ..... 133**
**4.1. TERMELÉSI TERV ..... 133**
*4.1.1. A termelési folyamat korlátainak, a tervezett kapacitás elérési határidejének elemzése, valamint a megvalósulási és a készlet képzési programok analízise ..... 133*
*4.1.2. Termelési program ..... 134*
**4.2. A PROJEKT ÜZEMELTETÉSI KÖLTSÉGTERVE ..... 134**
*4.2.1. A gyártó-, a raktár- és az irodai berendezések fenntartási költségterve ..... 134*
*4.2.2. Nyersanyag- és anyagbeszerzés költségterve ..... 136*
*4.2.3. A termelő személyzet költségterve ..... 136*
*4.2.4. Kereskedelmi költségterv ..... 138*
*4.2.5. Irányítási és általános költségterv ..... 138*

**5. A PROJEKT MEGVALÓSULÁSÁNAK PÉNZÜGYI TERVE ..... 140**
**5.1. A PROJEKT PÉNZÜGYI MODELLJÉNEK LEÍRÁSA ..... 140**
*5.1.1. A pénzügyi modell és az alkalmazandó feltételek leírása ..... 140*
*5.1.2. A bevételek, valamint a befektetési és üzemeltetési ráfordítások összesített terve ..... 140*
*5.1.3. A fizetendő adók összetétele és nagysága ..... 140*
*5.1.4. Forgótőkeszükséglet számítása ..... 142*
**5.2. PÉNZÜGYI BESZÁMOLÓPROGNÓZISOK ..... 143**
*5.2.1. Nyereség-veszteség elszámolás ..... 143*
*5.2.2. Pénzforgalmi beszámoló ..... 143*
*5.2.3. Mérleg terv ..... 145*
**5.3. A FIZETŐKÉPESSÉGRE VONATKOZÓ MUTATÓK SZÁMÍTÁSA ÉS ELEMZÉSE ..... 146**
**5.4. FAJLAGOS MUTATÓK SZÁMÍTÁSA (A FELDOLGOZANDÓ HULLADÉK 1 TONNÁNYI MENNYISÉGÉRE VETÍTVE) ..... 147**

**6. A PROJEKT GAZDASÁGI HATÉKONYSÁGÁNAK ÉS BERUHÁZÁSI VONZEREJÉNEK ÉRTÉKELÉSE ..... 147**

6.1. AZ ALKALMAZANDÓ LESZÁMÍTOLÁSI KAMATLÁB KIVÁLASZTÁSA ..... 147
6.2. A PROJEKT BEFEKTETÉSI VONZEREJÉRE VONATKOZÓ MUTATÓK SZÁMÍTÁSA ..... 147
6.3. A PROJEKT GAZDASÁGI HATÉKONYSÁGI MUTATÓI ..... 148

7. A PROJEKT KOCKÁZATAINAK ELEMZÉSE ..... 149
7.1. A PROJEKT FŐ KOCKÁZATAINAK ELEMZÉSE ..... 149
7.2. A KOCKÁZATOK MINIMALIZÁLÁSÁRA VONATKOZÓ JAVASLATOK ..... 153

REZÜMÉ ..... 156

III. RÉSZ: KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE
AMELY ALGAOLAJ ELŐÁLLÍTÓ EGYSÉGBŐL ÁLL ÉS FÖLDGÁZZAL VALAMINT ALGAOLAJJAL MŰKÖDTETETT, KÉT FŰTŐANYAGOS ÉGÉSKAMRÁVAL ELLÁTOTT GÁZTURBINÁS ÉS ADOTT ESETBEN GŐZTURBINÁS ENERGIA-ELŐÁLLÍTÓ EGYSÉGBŐL ÁLL

Bevezető ..... 159
Elektromos energiatermelés alga-bioreaktorban valamint földgázzal meghajtott gáz-gőz kombinált ciklusú erőműben ..... 159
Klíma- és környezetbarát erőmű működési elve ..... 163
Használati mintaoltalmi igénypontok ..... 167
Tételjegyzék ..... 167
Az algaolaj előállító üzem sematikus ábrázolása ..... 168
Az erőmű részegységeinek sematikus ábrázolása ..... 169
Az erőmű működési elvének sematikus ábrázolása ..... 170

IV. RÉSZ: KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE
AMELY TIPIKUS SZÉN-TÜZELÉSŰ ELEKTROMOS ENERGIÁT ELŐÁLLÍTÓ ERŐMŰBŐL VALAMINT A KELETKEZETT SZÉNDIOXIDOT ALGA-FOTOBIOREAKTORBAN HASZNOSÍTÓ ÉS ALGA-BIODÍZELT ELŐÁLLÍTÓ BLOKKBÓL ÁLL

Bevezető ..... 173
Hazai helyzet ..... 173
Európai Uniós tendenciák ..... 173
Amerikai törekvések ..... 174
A keletkezett széndioxid semlegesítése ..... 175
A széndioxid visszasajtolás problémái ..... 175
A széndioxid semlegesítése más módszerrel ..... 183
Összegzés ..... 184
Tipikus szén-tüzelésű blokk valamint CO2 semlegesítő- és biodízel előállító blokk sémája ..... 185
Klíma- és környezetbarát erőmű működési elve, amely tipikus szén-tüzelésű elektromos energiát előállító erőműből valamint a keletkezett széndioxidot alga-fotobioreaktorban hasznosító és alga-biodízelt előállító blokkból áll ..... 187
Használati mintaoltalmi igénypontok ..... 190
Tételjegyzék ..... 190
Az erőmű részegységeinek sematikus ábrázolása ..... 191
Az algaolaj előállító üzem sematikus ábrázolása ..... 192

V. RÉSZ: KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE
ALGA-BIODÍZEL ELŐÁLLÍTÓ ÜZEM

Bevezető ..... 195

# BEVEZETŐ

**Az általam benyújtott találmányok és használati mintaoltalmak jegyzéke:**

**Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala**
**Lajstromszám: 4074**
**Klíma-és környezetbarát széntüzelésű erőmű**

**Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala**
**Lajstromszám: 4078**
**Klíma-és környezetbarát gázerőmű**

**Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala**
**Lajstromszám: 4187**
**Alga-biodízel előállító üzem**

**Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala**
**Lajstromszám: P 1000553**
**Zéró klíma-és környezetbarát erőmű**
**és eljárás az erőművel zöld energia előállítás**

**Hulladékból energia**

A világon jelen pillanatban több eljárással is állítanak elő hulladék megsemmisítéssel energiát:

– Égetőkben hagyományos módon megsemmisítik (elégetik) a hulladékot és ebből energiát nyernek. Káros anyag kibocsátásuk miatt a környezetre nagy megterhelést jelentenek ezek az égetők.

– Pirolízis és termikus oxidáció egy- vagy két kamrában való megvalósítása – vagyis amikor egy- vagy két kemencében 850 °C hőmérsékleten a hulladékot elgázosítják. Mivel ezen eljárásban a hulladék megsemmisítése (égetése) oxigén jelenléte nélkül megy végbe a környezeti terhelés kisebb mint az előző eljárásnál. Keletkezett gázt elégetik és az így keletkezett hővel gőzt generálnak. Természetesen a keletkezett pirogáz elégetésekor a környezetre káros széndioxid keletkezik.

– A hulladék megsemmisítése plazmakémikus úton – vagyis a hulladék plazmakemencébe kerül, ahol 1700 °C hőmérsékleten semmisül meg és a keletkezett pirogáz elégetésével gőzt generálnak – ilyenkor széndioxid keletkezik. Mivel ennél a technológiánál még magasabb hőmérsékleten történik a hulladék megsemmisítése így a káros emissziók alacsonyabbak az előző technológiánál.

A fenti erőművek az input anyag alacsony kalóriaértéke miatt csak hőenergiát állítanak elő, ha a mégis elektromos energia előállítása a cél, abban az esetben több mint 50%-ban szükséges hozzáadni fosszilis energiaforrásokat és így az előállított energia már nem minősül ”zöld” energiának. Valamennyi technológiánál a gáz élégetésekor $CO_2$ keletkezik, mely tovább súlyosbítja a klímaváltozás következményeit.

**Az új technológia miben különbözik az eddig ismertektől?**

- A világon léteznek plazmaerőművek, melyek hulladékot semmisítenek meg és pirogázt állítanak elő. A keletkezett gázt elégetik és az így keletkezett hővel gőzt generálnak. Vannak olyan változatai is, melyek a pirogázból nem hőenergiát állítanak elő, hanem földgáz vagy kőolaj hozzáadásával gázturbinát üzemeltetnek, és elektromos energiát termelnek, valamint hasznosítják a gázturbina hulladékhőjét.

- A világon már több felé is állítanak elő biodízelt algából. Ezek a technológiák olyanok, hogy tóban vagy csőrendszerben algát szaporítanak – keringetik, táplálékot és $CO_2$-t adagolnak növekedésük elősegítése miatt – majd a leszűrt algamasszából különböző módon (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) kivonják az olajat és azt észterezve biodízelt állítanak elő.

- Ezt a két technológiát még eddig senki sem vonta össze – vagyis az elektromos energia termeléséhez a gázturbina meghajtására a pirogáz mellé még nem alkalmaztak algából előállított biodízelt, hogy így 100%-os „zöld” energiát állítsanak elő.

- Az új technológia azon kívül, hogy két eddig ismert eljárást ötvöz, tartalmaz egy jelentős környezetvédelmi újítást is:

A gázturbináknál, melyek elektromos energiát termelnek, melléktermékként keletkezik egy úgynevezett kipufogógáz is, mely $CO_2$-t tartalmaz és a légkörbe jutva nagymértékben károsítja a környezetet.

Az új megoldás szerint ezt a keletkező $CO_2$-t nem engedjük a légkörbe, hanem a gázturbinák szomszédságában működő algaüzembe vezetjük és keverőrendszeren keresztül táplálékként az algaszuszpenzióba adagoljuk.

A fenti eljárás a termelt elektromos energiát 100%-ban „zöld” energiaként biztosítja – egyrészt azért, mert a pirogáz mellé nem kőolajszármazékokat adagolunk a gázturbina meghajtásához, hanem azért is, mert a káros-anyag-kibocsátás zéró.

A gázturbina kipufogógázának széndioxid tartalma nem jut a légkörbe, a többi káros anyagot felfogó filterek pedig használat után a plazmareaktorba kerülnek és mivel a plazmareaktor veszélyes hulladék megsemmisítésre is alkalmas, így azok sem okoznak környezeti terhelést.

Az algaolaj kinyerése után visszamaradt algapogácsa az ipari és kommunális hulladékkal összekeverve a plazmareaktorba kerül.

**Összefoglaló:**

A klímaváltozás tragikus következményeit a tudósok megpróbálják új környezetkímélő technológiák bevezetésével enyhíteni, különösképpen igaz ez az energiatermelés és felhasználás területére.

Az új elektromos energiatermelő erőmű valójában KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ!

A környezetet terhelő és káros gázokat kibocsátó ipari és kommunális hulladék számára nem kell sokmilliárdos költséggel tárolókat kialakítani, hanem megsemmisítésre kerül úgy, hogy még energiát is nyer az emberiség.

Az algák valójában termőterületet nem foglalnak el és olajhozamuk nagyobb a legjobb olajnövényekénél is. Az algából úgy állíthatunk elő bioüzemanyagot, hogy azt nem emberi táplálékból (repce, szója, gabona) tesszük. Az algák szaporodása állandó és évszaktól független – naponta többször is „aratható".

A két energiát összevonva üzemel a gázturbina, mely elektromos energiát termel. A gázturbina hulladékhője egyrészt gőzturbinát hajt, mely szintén elektromos energiát termel, valamint energiát biztosít (fűti-hűti) az üvegházat, melyben folyik az algatermelés.

A technológia kockázat nélkül megvalósítható, mivel már ismert és működő technológiákat ötvöz úgy, hogy ezáltal kíméli a környezetet (ártalmas hulladékot semmisít meg), nem használ fel kőolajszármazékokat és káros anyag kibocsátása nélkül nagy mennyiségű elektromos energiát termel.

## AZ ÚJ ELJÁRÁS RÖVID ISMERTETÉSE

A hulladékból pirogázt előállító plazmaerőmű valamint az elektromos energiát előállító gáz-gőz kombinált ciklusú erőmű összevont technológia során az elektromos energia termeléséhez a gázturbina meghajtására a pirogáz mellé korábban még nem alkalmaztak a fosszilis energiahordozók (pl. földgáz, kőolaj) helyett alternatív energiahordozókat (pl. algából előállított olajat vagy biodízelt; növényi eredetű olajat vagy biodízet; újrahasznosított fáradt-olajat vagy sütőolajat, szintetikus olajat, bioetanolt stb.), hogy így 100%-ban zöld energiát állítsanak elő.

Tehát szabadalmunk olyan új eljárásra vonatkozik, mely során a plazma-gáz-gőz kombinált ciklusú erőmű gázturbinájának meghajtására a fosszilis energiahordozók helyett alternatív energiahordozókat (nem fosszilis szénhidrogéneket) használunk annak érdekében, hogy így 100%-ban zöld energiát állítsunk elő.

Az új eljáráshoz nincs szükség műszaki módosításra vagy korszerűsítésre csak egyszerűen az energiahordozó fajtájának lecserélésére.

A fentieknek egy nevesített esetét ábrázoltuk elvi kapcsolási rajzon is. Az algából előállított olaj, mint energiahordozó választása esetén a kombinált ciklusú erőmű egy algaolaj előállító üzemmel bővül, mely szolgáltatja az alternatív üzemanyagot és egyben hasznos hozadékként megköti a kombinált ciklusú erőműben szükség szerűen keletkező üvegházhatású $CO_2$ gázt is.

Mind a hulladékból pirogázt előállító plazmaerőmű, mind az elektromos energiát előállító gáz-gőz kombinált ciklusú erőmű és az algaolaj előállító üzem létező technológiát képvisel, ám a három technológiát egymással még nem kombinálták.

Az algaolaj előállító üzem sematikus blokkja bármely nem fosszilis szénhidrogén energiaforrást előállító üzemmel helyettesíthető, ám a többi esetben a CO2 megkötés nem valósul meg.

A 2002-ben kezdődött kutatásaink alapján több magyar szabadalom is született:

KLÍMA ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ ÉS ELJÁRÁS AZ ERŐMŰ MŰKÖDTETÉSÉRE

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala - P 1000553 (Benyújtás időpontja: 2010.10.14. Érdemi vizsgálat időpontja: 2012. 08.14. Engedélyezés időpontja: 2014.02.14.)

A fenti magyar szabadalom lényege: ipari és kommunális hulladék megsemmisítés és pirogáznyerés plazmakemencében valamint az üvegházban termelt algából előállított algaolajjal és a nyert pirogázzal működő kombinált ciklusú erőmű melynek széndioxid kibocsájtása az algák táplálékaként kerül hasznosításra.

**A kutatócsoport olyan megoldást keresett, melynél hulladékhő nélkül elektromos energia állítható elő.**

A nagy energiájú plazmák előnyösen alkalmazhatók különféle anyagátalakítási folyamatok kivitelezésére. A nagy tömegben képződő kommunális és ipari hulladékok értékes alkotóinak kinyerése és újrahasznosítása

A plazmás eljárások, az egyéb termikus hulladékkezelési módszerekkel, köztük a hagyományos hulladékégetéssel összevetve, a következő előnyökkel rendelkeznek:

- A plazmákban uralkodó magas hőmérsékleten a szerves anyagok teljesen lebomlanak, a szervetlen hulladékok részben lebomlanak, részben megolvadnak és elüvegesednek; mindez a hulladékok térfogatának jelentős csökkenésével és a le nem bontható alkotók bezáródásával jár.
- A plazmareaktorokban a gázok áramlási sebessége viszonylag széles határok között változtatható; kis szemcseméretű, porszerű anyagok is jól kezelhetők ezekben a berendezésekben.
- A plazmákban időegység alatt kis térfogatban nagy mennyiségű anyag kezelhető; alacsonyak a fajlagos beruházási költségek, kisméretű, mozgatható egységek alakíthatók ki, amelyek alkalmasak különböző helyszíneken lévő szennyeződések, korábban kialakított lerakóhelyek felszámolására.
- A plazmareaktorok gázforgalma kisebb, mint a hagyományos égetőkemencéké; az RF plazmákban pedig a hőmérséklettől függetlenül tetszés szerinti gázatmoszféra biztosítható, ezáltal a kémiai folyamatok jól kézben tarthatók, a rendszer megbízhatóan működtethető.
- A plazma által kibocsátott erős ultraibolya sugárzás elősegít bizonyos bomlási folyamatokat, így például meggyorsítja a klórtartalmú szerves vegyületek bomlását.
- A térben jól körülhatárolt plazmaláng és a körülötte elhelyezkedő gázfázis között nagy hőmérséklet-különbségek lépnek fel, és mind a gázáramok, mind a szilárd részecskéket tartalmazó anyagáramok gyorsan befagyaszthatók; ily módon megőrizhetők a magas hőmérsékleten, nem egyensúlyi viszonyok között kialakult termékek, továbbá lecsökken az eredeti anyagok újraegyesülésének (rekombinációjának), vagy újabb káros anyagok kialakulásának valószínűsége.

A felsorolt előnyök miatt nem meglepő, hogy az utóbbi másfél évtizedben világszerte megélénkültek a

termikus plazmák környezetvédelmi alkalmazására irányuló kutatások és fejlesztések. Ezek egy részét magáncégek kezdeményezik, de bőven találunk példát állami szerepvállalásra is. A Retech Inc. a világ egyik vezető cége a plazmák környezetvédelmi alkalmazásában. Veszélyes hulladékok kezelésére az ívplazmás centrifugális reaktoron alapuló PACT (Plasma Arc Centrifugal Treatment) eljárást fejlesztették ki. A PACT-8 rendszerben áthúzottíves plazmaégőt használnak. A hulladékot a 2,4 m átmérőjű, nagy fordulatszámmal forgó üstbe adagolják. Az üstben az égőből kilépő, több ezer fokos gáz teljes tömegében egyenletesen olvasztja meg az anyagot. Az üst fordulatszámát csökkentve az erősen viszkózus olvadék az alsó kiömlőnyíláson keresztül a salakgyűjtő kamrába folyik, ahol lehűl és megszilárdul. A végtermék üvegszerű szilárd anyag, amit Monolithic Rock-nak neveztek el. Szerves anyagokat nem tartalmaz, a nehézfémek pedig oldhatatlan formában találhatók benne.

A környezetvédelmi előírások szigorodásával mindinkább előtérbe kerülnek a termikus plazmán alapuló eljárások. Ezeknél a magas hőmérséklet és a megfelelő reakciókörülmények miatt teljes a hőbomlás. Kedvezőek a hűtési viszonyok is: a magas hőmérsékletű plazmaláng és a környezet közötti, eleve nagy hőmérséklet-gradiensek különböző kisegítő megoldásokkal tovább növelhetők: termikus plazmákban könnyen biztosíthatók 1000 K/ms nagyságrendű hűtési sebességek is. Az adott esetben tehát a PCDD/PCDF-képződés szempontjából kritikus 800-300°C közötti hőmérséklet-tartományban a füstgázok a ms tört részéig tartózkodnak hűlésük során, ezáltal csaknem nullára csökken a nem kívánatos vegyületek létrejöttének valószínűsége.

A környezetvédelmi előírások és az ezek betartatását célzó intézkedések szigorodása kedvezően befolyásolják a plazmatechnológiák versenyhelyzetét. Egyre több az olyan környezeti probléma, amelyre a plazmák alkalmazása ad igazi megoldást. A K+F csoport a fent leírt előnyök miatt választotta alapnak a plazmatechnológiát.

**A plazmatechnológiás hulladékokat feldolgozó komplexum alaptechnológiai sorának rövid leírása**

A szilárd háztartási hulladék (SzHH) beérkezik a fogadó- és bunkerzónába, ahol lemérik és betöltik a gyűjtő bunkerokba, amelyben megtörténik a fertőtlenítése per (oxi) ecetsavval. Gyűjtőbunkerekből a hulladékot továbbítják a Metso Lindemann hulladék aprító sorra, ahol megtörténik a fémhulladék elválasztása. A végen a hulladékot pelletté préselik össze.

A kész pelletet betöltik a magas hőmérsékletű plazmakonverterbe (MHPK). Úgy szintén a plazmatrónokon keresztül a MHPK-ba bevezetik a plazmaképző gázáramot (széndioxid és oxigén keverékét). Az MHPK-ban a hulladékok elgázosodnak és átalakulnak folyékony salakká, amelyet a konverter alsó részének nyílásán keresztül lecsapolnak, és pirolízis gázzá alakítanak, amelyet a MHPK-ból fúvókán keresztül elvezetnek.

A 1200-1400 °C-ra felhevített pirolízis gáz bevezetésre kerül a vízmelegítő hulladékhő hasznosító kazánba, ahol 300-350 °C-ra lehűl és ezt követően tovább megy a nedves gáztisztítóba. A gáztisztító rendszer szkrubberből és ráépített abszorberből áll. A szkrubber a pirolízis gáz hűtésére, savas gázok és lebegő részecskék elnyeletésére, az abszorber pedig a kénvegyületektől történő kiegészítő tisztítására szolgál.

A nedves tisztítás után a pirolízis gáz a széndioxid leválasztó berendezésbe megy és a széndioxid leválasztása után gáztároló pufferbe kerül. A pirolízis gázból kinyert széndioxid gázt tisztítás után oxigénnel keverik össze és beadagolják a MHPK-ba, ahol ez a keverék plazmaképző gázként kerül hasznosításra. A gáztároló pufferből a pirolízis gázt a gázturbinás erőmű gőz-gáz turbinás blokkjába vezetik.

A gázturbinás erőmű gázturbina kipufogó gázainak hőenergiáját hulladékhő hasznosító gőzfejlesztő kazánban hasznosítják, ahol magas nyomású gőzt állítanak elő a gőzturbina számára, amely meghajtja a generátort.

A pirolízis gáz hűtését végző vízmelegítő hulladékhő hasznosító kazánban előállított forró vizet bevezetik azokba a hulladékhő hasznosító kazánokba, amelyekben hasznosítják a kipufogó gázok hőenergiáját, és így többlet hőenergiát állítanak elő a gőzturbina üzemeltetéséhez.

A vízelőkészítő rendszer, amely gőz-gáz turbina blokk része, biztosítja a megfelelő vízminőségét a hulladékhő hasznosító gőzfejlesztő kazánokban történő magas nyomású gőz előállításához. A gőz-gáz turbinás blokk gőz-gáz ciklusban működik és villamos áramot és hőt állít elő a belső és külső villamos és hőenergia felhasználók számára. A hulladékhő hasznosító kazánból kilépő fáradt gázok a széndioxid leválasztó berendezésbe, és a széndioxid leválasztása után a gázkivezető kéményen keresztül a légkörbe kerülnek, a környezetre ártalmatlan gázkibocsátás formájában. Ezt a környezetet nem károsító gázkibocsátást emissziós környezetvédelmi rendszerrel ellenőrzik.

A gázturbinák indításához és működésének szabályozásához biogázolajat használnak, amelyet speciális technológiával állítanak elő algákból. A hulladékhő hasznosító kazánokból kikerülő fáradt gázokból leválasztott széndioxidot felhasználják a biogázolaj előállítását végző berendezés üzemeltetéséhez.

**Az új fejlesztésű alga-fotobioreaktor**

A rendszer:

- Chlorella minutissima alga olajtartalma 39,9%.
- 20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene.
- 5,7 pH értékű vízben kell szaporítani.
- Az algának a szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük.
- A mesterséges megvilágításnak legalább 130 lux/m2 kell lenni.
- A vízben 2% oldott CO2-nek kell lenni.
- Tápanyag összetétele KHRPO 1,31; MgSO4 7H20, 0,5; urea, 0,44. Ca. 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01. Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA. PH 6.0.
- A nagy olajtartalmú algafajok (Chlorella, Scenedesmus sp.) alkalmasak lehetnek biodízel előállítá-

sára, melynek jelenlegi költségeit a szakirodalmi adatok 150.- Ft körülire teszik. Ennek konkrét mértékét elsősorban a technológia (termesztéstől a betakarításig), az időjárás és a termesztés helye befolyásolja. Az algaolaj sok szempontból (sűrűség, viszkozitás, fűtőérték) közelebb áll a dízelolajhoz a többi növényi olajnál, ugyanakkor a többi növényolajnál több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. Ez hátrányosan befolyásolja a belőle készített biodízel stabilitását, viszont jóval könnyebb hidegindítást tesz lehetővé. Az algaolaj nagy telítetlen zsírsavtartalma, magas jódszáma, valamint magas nyomelem-tartalma táplálkozás-élettani szempontból kiválóak, azonban az algaolaj átészterezését meg-nehezíthetik.

- Ha a algatermesztés fűtött-hűtött és mesterséges megvilágítással rendelkező üvegházban történik akkor 1 kg alga-biomassza előállítási ára cca. 60.- Ft -ba kerül.

- Ha a legújabb kutatásokat vesszük alapul akkor az így előállított biomassza 70%-ban tartalmazhat olajat. Ebben az esetben a kinyert algaolaj költsége cca. 120.- Ft.

- Ha ezt az olajat fűtőolajként szeretnénk hasznosítani akkor észterezni nem szükséges. Az alga-biodízel előállítása észterezési eljárással további cca. 20.- Ft-ba kerül literenként.

Paraméterek:

- Egy 6 m vápamagasságú üvegházban algalétrára 20 emeletnyi 15 cm átmérőjű polykarbonátcső helyezhető el.
- Egy folyóméter csőben 17,5 liter algaszuszpenzió kering.
- A 3000 m2 üvegházban 2500 m2-en terül el az algafotobioreaktor csőhálózata, 500 m2 pedig a gépészet található.
- Egy algalétra hossza 48 m.
- Egy algalétrán 1920 fm 15 cm átmérőjű cső van.
- Egy algalétra rendszerben 33.600 liter algaszuszpenziót keringetünk.
- 2500 m2-en 25 darab létrarendszer van.
- A 25 fotobioraktorban összesen 840.000 liter algaszuszpenzióban szaporodik az alga.
- Ebben a konstrukcióban olyan génmódosított algát nevelünk amelynek olajtartalma eléri a 70%-ot.
- Az üvegházban ( éjszakai mesterséges megvilágítás mellett) 24 órán keresztül szaporodik az alga.
- Ebben rendszerben cca. 10.000 liter algaolajat termelhetünk naponta.

**MAGYAR K+F A PLAZMAERŐMŰ-ALGAREAKTOR KOMBINÁT**

**Párhuzamosan két kutatócsoport dolgozott:**

- Az egyik kutatócsoport a hulladékmegsemmisítés területén eljutott addig, hogy megtervezésre került egy ipari hulladékot megsemmisítő üzem, mely pirogázt termel és mellé műanyag hulladékból előállított szintetikus olajat adva gázturbinát üzemeltet, melynek hulladékhője gőzturbinát hajt meg és mindkét turbina elektromos energiát termel.

- A másik kutatócsoport üvegházban működő fotobioreaktort tervezett, melynél automatikus rendszer adagolja a tápanyagot, valamint a szén-dioxidot és irányítja a szükséges állandó keringetést. A tervek szerint az üvegházba kerül az alga-présüzem is, valamint az energetikai rész.

Természetesen adódott, hogy a két eredményt egyesíteni kellene és a bizonytalan input anyagú szintetikus olaj helyett algaolajat kell felhasználni pirogáz mellett a turbina meghajtására.

Kollár Ferenc kidolgozta a KLIMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVÉT és a szabadalmi dokumentációt benyújtotta a Magyar Szabadalmi Hivatalhoz.

**A benyújtott szabadalom sarokszámai:**

Az összevont technológia az évi cca. 110.000 $m^3$ ipari, valamint SZKH-ból úgy nyerhet energiát, hogy elgázosítja és az előállított pirolízis-gázzal, valamint 8.600 tonna alga-biodízel hozzáadásával gáz- és gőzturbinát üzemeltet és 135.750 MW/év elektromos energiát termel, ebből saját szükségletére 42.750 MW/év elektromos energiát használ fel – így értékesítésre kerülhet 93.000 MW/év elektromos energia.

**Az erőmű:**

Az input anyag 3,56 t/h ipari hulladék és SZKH, valamint 1,2 t/h algapogácsa, melynek feldolgozása plazmakémiai alapon történik.

Az erőmű 31.200 t/év hulladékot semmisít meg napi 24 órás folyamatban (7500 munkaóra/év).

**Az erőmű egységei:**

- az ipari- és az SZKH hulladék fogadására-tárolására alkalmas cca. 500 t kapacitású egység,
- 2 db plazmapirolízis reaktor,
- pirolízis-gáz tisztító és tároló egység,
- elektromos energiát és hőt termelő energiablokk.

**Az erőmű egységes energetikai része az alga-biodízel előállító üzem, amely a következő egységekből áll:**

- alga-fotobioreaktorból,
- alga centrifuga és présüzemből.

**A technológiai folyamat vázlata:**

Az ipari hulladék (átlagos sűrűsége 0,35 t/$m^3$) beérkezik az erőműbe és bekerül a tárolóba. Innen adagoló viszi a plazmatermikus reaktorba, amelyben az alábbi fizikai-kémiai átalakulási zónákon halad át:

- a szárítás zónája 200-400 °C (itt távozik el az ipari hulladék nedvessége),
- pirolízis zóna (itt válnak külön az illékony vegyületek (szénhidrogén, hidrogén, pirogenetikus gőz stb.),
- elgázosítás zónája 1700 °C (itt levegő és vízgőz adagolásával pirolízis-gáz keletkezik),
- olvasztás zónája 5700 °C (itt plazmasugarakkal megolvasztásra kerülnek a szervetlen vegyületek),
- a salak kivezetése.

A reaktorok belsejében depresszió és oxigénszegény környezet uralkodik. Egy reaktor működéséhez 4 x 600 KW/h + 1 x 200 KW/h elektromos energiára, valamint 500 $m^3$/h levegőre és 40 $m^3$/h lágy vízre van szükség.

A reaktorok óránként 4170 kg hulladékot semmisítenek meg, ebből 4396 kg pirogázt állítanak elő – vagyis 1000 kg hulladékból 1062 kg pirogáz keletkezik.

A pirolízis-gáz tisztításához száraz és nedves rendszert alkalmazunk – ezzel választjuk le az agresszív vegyületeket a gázról. A gáz kinyerésnél 1500 °C, melyet 2 lépcsőben hűtünk le 100 ° C –ra a gázturbinába való adagolás előtt.

A szennyvíz megtisztítása szokványos berendezésben történik.

A keletkezett salakból kőgyapot készül, mely értékesítésre kerül.

A két 6 MW/h teljesítményű gázturbina megtisztított pirogáz és alga-biodízel adagolásával működik.

A pirogáz értéke 27,36 MJ/kg, az algabiodízelé pedig 35,5 MJ/liter

A gőzturbina teljesítménye 6,1 MW/h, mely, mint gáz-gőz kombinált ciklusú erőmű működik.

A turbina kipufogógáza 2,8%-ban tartalmaz szén-dioxidot, melyet egy szűrőberendezésen lehűtve légpumpa segítségével bejuttatunk az algareaktorba.

Az erőmű 3 turbinája 18,10 MW/h elektromos energiát termel, ebből saját szükségleteire (plazmareaktor és algareaktor működéséhez) 5,7 MW/h elektromos energiát használ fel – így 12,4 MW/h elektromos energia - vagy alternatívaként 9,1 MW/h elektromos energia és 21,4 t/h gőz (256 ° C - 5 bar) értékesíthető.

A két alga-biodízel üzem óránként 1.245 liter olajat termel. A termelés energiaigénye 1 MW/h.

**Háromszoros biztonság:**

Az erőmű része egy pirolízisgáz-tartály, mely 2 napra elegendő tartalék gázzal feltöltve áll az energiablokk rendelkezésre - továbbá van egy üzemanyagtartály is az algaolaj tárolására, mely 8 napra elegendő üzemanyagot biztosít a gázturbina működéséhez.

Ha valamilyen oknál fogva átmenetileg nem érkezik ipari hulladék az erőműbe, vagy ha a plazmareaktorok működése szünetel a kötelező karbantartás miatt, abban az esetben az energiablokk az előállított algaolajat felhasználva továbbra is működik – ezáltal a fogyasztók ellátásának folyamatossága biztosított.

Az alga fotobioreaktorral egybeépített, legkorszerűbb plazmatechnológiával működő, komplex rendszer teljesen egyedi, magyar innováció. Nemzetgazdasági hasznosságát hangsúlyozza a projekt energetikai és ebből fakadóan gazdasági hatékonysága és hosszú távú hatása az energiakutatás K+F folyamataira.

## IPARI HULLADÉKOT ÉS BIOMASSZÁT FELDOLGOZÓ, MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ PLAZMÁS TECHNOLÓGIÁN ALAPULÓ KOMPLEXUM ÉPÍTÉSE MAGYARORSZÁGON

A magas hőmérsékletű plazmás ipari hulladék és biomassza feldolgozó komplexum a magyar innováció perspektivikus projektje, amely a környezetvédelmi feladatoknak széles skáláját tudja megoldani, jelentős mennyiségű villamos energiatermelési lehetőséggel széndioxid kibocsátás nélkül, ami megfelel a mai energiatermelő objektumokhoz az EU által támasztott követelményeknek, és lehetővé teszi optimalizálni az ország energiarendszerének felépítését Magyarországon, figyelembe véve a Kiotói megegyezés szabta kereteket. Emellett a projekt realizálása a Magyar Köztársaság területén lehetőséget nyújt sikeresen versenyezni a szilárd kommunális és szilárd ipari hulladék feldolgozás piacán az Európai Unióban és FÁK országaiban.

Gazdasági szempontból a mi projektünk lehetővé teszi a nyereségszerzést a különbözőfajta hulladékok feldolgozásából, villamos energia, hőhordozók (víz, gőz), hidrogén, biofűtőanyag és építőanyag eladásából. Az erőmű jelenléte felélénkíti a vállalkozási és a tudományos tevékenységet a Komplexum elhelyezési kerületében, valamint infrastruktúrájának fejlesztésében. Új munkahelyeket teremthet a komplexumban (új gyártás létrehozásával), akár a komplexum berendezéseinek gyártásához, valamint az építéséhez bevont munkaerők révén, Magyarország területén.

Műszaki szempontból a mi projektünk rendelkezik egy sor fő előnnyel a különböző kivitelű égetési technológiákkal szemben, amelyek ma legelterjedtebbek az iparilag fejlett országokban. Ilyen előnyökhöz tartoznak többek közt:

- hulladékok előzetes szétválogatásának szükségtelensége;
- a hulladékok szervetlen összetevőjéből bazaltszerű salak előállítása, amelynek térfogata a hulladék térfogatához képest kicsi (térfogat csökkenés 50 - 100 –szorosig), ami alkalmassá teszi veszélymentesen alkalmazni építőanyagként, ami azt jelenti, hogy, gyakorlatilag, a technológia hulladékmentes jellegű;
- a feldolgozási folyamat magas hőmérsékletének köszönhetően rendkívül jelentéktelen mennyiségben vagy egyáltalán nem keletkeznek ökológiailag veszélyes gázok és mérgező komponensek -mint diokszinok és furonok az égéstermékben, ellentétben a hagyományos égetési technológiával;
- nem keletkezik korom, ellentétben az égető technológiákkal, ahol elkerülhetetlenül, jelentős mennyiségű korommal kell számolni, amelynek ökológiailag veszélymentes formává váló átalakítása szükséges, ami plusz technológiai berendezéseket és energia felhasználást igénye;
- lehetőség van a szilárd kommunális és ipari hulladékok szerves összetevőinek energia erőforrásainak felhasználására hő és/ vagy villamos energia termelésre, mivel a gőz vagy CCGT ciklus plazma-vegyi folyamatában keletkezett pirolízis gáz ehhez elegendő fűtőértékkel rendelkezik.

Az ipari szilárd kommunális és szilárd ipari hulladékot feldolgozó, magas hőmérsékletű plazmás és gázturbinás technológiákon alapuló Komplexum, amelyet Kollár Ferenc dolgozott ki. Az algatechnológia alkalmazásával, biztosítja a projekt magvalósításának magas gazdasági mutatóit, 30.000 t/év mennyiségű hulladék feldolgozásánál. Ezen kívül ez a Komplexum biztosítja a $CO_2$ teljes mértékű hasznosítását úgy a plazma egységben a pirolízis gáz keletkezésénél, mint az energetikai egység kimenetén. A

plazma egységben keletkezett $CO_2$ plazmaképző gázként hasznosítják a plazmatronok működéséhez, az energetikai egységben keletkezett $CO_2$, pedig, az alga táplálására használják.

A mi projektünktől eltérően az amerikai technológiák nem kevesebb, mint 800.000 t/év mennyiségű hulladékkal működnek. Az ő véleményük szerint, kisebb mennyiségű hulladék feldolgozása nem gazdaságos. Ezen technológiák hiányosságának lehet tekinteni a koksz használatát a hőmérséklet fenntartásához a plazmareaktorban, ami bizonyos feltételek mellet mérgező gázok kibocsátását eredményezheti.

Kollár Ferenc által kidolgozott technológián alapuló kidolgozott Komplexum a tervek szerint Magyarország területén épül meg 39.200 t/év ipari hulladék és alga biomassza feldolgozására, a $CO_2$ teljes hasznosításával, 18,1 MW beépített villamos teljesítménnyel. Emellett a feldolgozandó hulladék struktúrájára a következő lesz a jellemző: a feldolgozandó hulladék összmennyiségének 38%-át (15000 tonna évente) alga biomasszai, 16%-át (6200 tonna évente) személygépkocsik gumiabroncsai, 47%-át, pedig, (18000 tonna évente) ipari hulladék.

A hulladékok plazmás feldolgozásának technológiai sémája lehetővé teszi a hulladékok nyersanyagként történő felhasználását, villamos energia, hőhordozó (gőzfűtés biztosításához), valamint melléktermék – bazaltszerű salak előállításához. Ezen kívül, a komplexum lehetővé teszi a $CO_2$ fölhasználását alga termesztésére, melyből a biomassza készül.

A tervezett kapacitás elérése után az üzem éves előállított végtermékeinek mennyisége a következő:

- villamos energia: 92 270 000 kWh;
- hőhordozó (gőz, forró víz): 2000 GCal (szezonálisan a forró vízszolgáltatás (FVSZ) számára);
- biodízel üzemanyag: 11 070 000 liter;
- bazaltszerű salak: 1460 tonna (a bazaltszerű salakból 580 tonna granulált salak kerül legyártásra építőanyag gyanánt, valamint 880 tonna hőszigetelő lemez);

Kollár Ferenc kidolgozta „A magyarországi projekt gazdasági hatékonyság értékelése” című dokumentumot a következő pénzügyi-gazdasági mutatókkal:

| | A projekt hatékonyságának fő mutatói | Mutató értéke |
|---|---|---|
| 1. | Nettó jelenérték (NPV), Euró. | 72.153 |
| 2. | Belső megtérülési ráta (IRR) % | 26,8% |
| 3. | A projekt egyszerű megtérülési ideje (PBP), év | 5,15 |
| 4. | A projekt egyszerű megtérülési ideje (az üzembe helyezés kezdetétől), év | 4,15 |
| 5. | A projekt megtérülésének diszkontált ideje (DPBP), év | 6,12 |
| 6 | A projekt megtérülésének diszkontált ideje (az üzembe helyezés kezdetétől), év | 5,12 |
| 7. | Diszkontált jövedelmezőségi index (PI), szorzó | 3,06 |

Ha az erőmű építése 2015-ben megkezdődne akkor a Projekt már 2016. év 3. negyedévében tiszta hasznot termelne. A Komplex üzemeltetésének első évének a végére az éves adózás előtti eredmény elérheti a 8,9 millió eurót. A 2016. és 2029. évek közötti időszakban halmozott adózás előtti eredmény mértéke nagyjából 184 millió eurót tesz ki. A Komplexum működésének eredményeképpen a fent felsorolt piacokon a vállalat árbevétele jelentős ütemben növekszik, és 2029-re eléri a 29.552.000 eurót. Az árbevétel alapvető részét a villamos energia értékesítése biztosítja.

A kutatást-fejlesztést vezette és a tanulmányt összeállította:

**Kollár Ferenc**

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE

**AVAGY**

**IPARI VAGY SZKH; VAGY IPARI ÉS SZKH HULLADÉKBÓL PLAZMAREAKTORBAN ELŐÁLLÍTOTT PIROGÁZZAL (MELYNEK HULLADÉKHŐJE IS HASZNOSÍTÁSRA KERÜL); ÉS ÜVEGHÁZBAN MŰKÖDŐ ALGA-FOTOBIOREAKTORBAN SZAPORÍTOTT ALGÁBÓL PRÉSELÉSSEL VAGY ULTRAHANGOS MÓDSZERREL VAGY EXTRAKCIÓS FOLYAMATTAL ELŐÁLLÍTOTT ALGAOLAJJAL, VAGY BÁRMELY NÖVÉNYI EREDETŰ OLAJJAL VAGY BIODÍZELLEL VAGY ÚJRAHASZNOSÍTOTT FÁRADTOLAJJAL, VAGY ÚJRAHASZNOSÍTOTT SÜTŐOLAJJAL, VAGY SZINTETIKUS OLAJJAL VAGY AZ ELŐBBIEK BÁRMELY KEVERÉKÉVEL MEGHAJTOTT GÁZ-TURBINÁVAL, VALAMINT ANNAK HULLADÉKHŐJÉVEL ÜZEMELTETETT GŐZ-TURBINÁVAL ELEKTROMOS- ÉS HŐENERGIA TERMELÉS, MELYNÉL A GÁZ-TURBINA KIPUFOGÓGÁZÁNAK SZÉNDIOXID TARTALMA AZ ALGÁK TÁPLÁLÉKAKÉNT KERÜL FELHASZNÁLÁSRA**

(SZELLEMI TULAJDON NEMZETI HIVATAL P1000553)

**A tanulmány Kollár Ferenc tulajdonát képezi.**
**Ezen dokumentum tartalma szerzői jogvédelem és szellemi tulajdon védelme alatt áll.**
**A találmánnyal kapcsolatos ismertető elektronikus vagy nyomtatott formában való közzététele vagy sokszorosítása törvénybe ütközik.**

**2010**

# A KLÍMAVÁLTOZÁS, A KLÍMAVÉDELEM ÉS AZ ALKALMAZKODÁS

## BEVEZETŐ HELYETT – STERN JELENTÉS

A tudományos bizonyítékok most már egyértelműek: az éghajlatváltozás nagyon komoly globális kockázatokat jelent, és nagyon sürgős globális megoldást igényel.

A Jelentés először megvizsgálja magának az éghajlatváltozás gazdasági hatásainak a bizonyosságát, és feltárja a légkörben található üvegházgázok stabilizálásának közgazdaságtanát. A Jelentés a második részben áttekinti az alacsony széntartalmú gazdasághoz vezető átmenet kezelésében érdekelt átfogó szakmapolitikai kihívásokat, melyek biztosíthatják, hogy a társadalmak tudjanak alkalmazkodni az éghajlatváltozás tovább már nem elkerülhető következményeihez.

A Jelentés nemzetközi perspektívával készült. Az éghajlatváltozás okait és következményeit tekintve globális jelenség, egy közös nemzetközi intézkedés kritikus jelentőséggel bír majd egy hatásos, hatékony, eredményes és méltányos, megfelelő nagyságrendű válasz létrehozásában. Ez a válasz mélyebb nemzetközi együttműködést igényel számos területen – legfőbbképpen a szén árjelzéseinek és piacának kialakításában, ösztönözve a technológiai kutatás-fejlesztést és felzárkózást, és főleg a fejlődő országok alkalmazkodásának elősegítését.

Az éghajlatváltozás egy egyedülálló kihívást jelent a közgazdaságtannak: ez a valaha létezett legnagyobb és a legkiterjedtebb piaci kudarc. A gazdasági elemzésnek ezért globálisnak kell lennie, hosszú időhorizonton, középpontba állítva a kockázat és a bizonytalanság közgazdasági kérdéseit, és megvizsgálva a jelentős, nem csupán a marginális változások lehetőségét. Ennek megfelelően a Jelentés a gazdaság legfontosabb területeiről származó ötletekből és technikákból merít, beleértve sok aktuális eredményt is.

Az éghajlatváltozással kapcsolatos határozott, korai cselekvés hasznai nagyobbak, mint a költségei.

A mostani tetteink jövőbeni hatásai az éghajlat változásaira messzire mutatnak. Amit most teszünk, annak csak korlátozottan lehet hatása az éghajlatra az elkövetkezendő 40–50 évben. Másrészt, amit az elkövetkezendő 10–20 évben teszünk, annak nagyon komoly hatása lehet századunk második felének és a következő század éghajlatára.

Senki nem tudja előre jelezni teljes bizonyossággal, hogy milyen következményei lesznek az éghajlatváltozásnak; de most már elég sokat tudunk ahhoz, hogy megértsük a kockázatokat. A mitigációt – határozott intézkedéseket hozva a kibocsátás csökkentése érdekében – egy befektetésnek kell tekinteni, egy olyan jelenlegi és a következő néhány évtizedben felmerülő költségnek, ami segít a jövőbeni nagyon komoly következmények kockázatainak elkerülésében. Ha ezek a befektetések bölcs módon valósulnak meg, a költségek kezelhetőek lesznek, és a lehetőségek széles tárháza nyílik meg az ilyen jellegű növekedésre és fejlődésre. Ahhoz, hogy ez jól működjön, a szakmapolitikának elő kell segítenie az egészséges piaci jelzéseket, úrrá kell lennie a piaci kudarcokon, és a méltányosságot és a kockázat enyhítését kulcskérdésnek kell tekintenie. A Jelentésnek ez az alapvető gondolati kerete.

A Jelentés három különböző módon tekinti át az éghajlatváltozás hatásainak gazdasági költségeit, valamint az éghajlatváltozást okozó üvegházgázok (ÜHG-k) kibocsátásának csökkentésére hozott intézkedések költségeit és hasznait:

Lebontott módszereket alkalmazva, azaz az éghajlatváltozásnak a gazdaságra, az emberi életre és a környezetre kifejtett fizikai hatásait veszi figyelembe, és megvizsgálja az üvegházgáz-kibocsátás csökkentésére alkalmazott különböző technológiák és stratégiák erőforrásköltségeit;

Közgazdasági modelleket használva, ideértve az integrált értékelési modelleket, amelyek az éghajlatváltozás gazdasági hatásait becsülik meg, és a makroökonómiai modelleket, melyek az alacsony széntartalmú energiarendszerekre való áttérés költségeit és hatásait mutatják be a gazdaság egészét tekintve;

A „szén társadalmi költsége" (ami egy egységnyi pótlólagos üvegházgáz-kibocsátás hatásainak költségét jelenti) jelenlegi szintjének és jövőbeni alakulásának, valamint az elhárítási határköltség (ami a kibocsátások egységnyi csökkentésének költségét jelenti) összehasonlítását használva.

Ezeket tekintve a Jelentésben összegyűjtött bizonyosságok alapján egy egyszerű következtetésre jutunk: a határozott, korai cselekvés hasznai lényegesen nagyobbak, mint a költségei.

A bizonyíték azt mutatja, hogy az éghajlatváltozás figyelmen kívül hagyása végül a gazdasági növekedést fogja tönkretenni. Az elkövetkezendő évtizedekben végrehajtott intézkedéseink növelhetik az alapvető törés kockázatait a gazdasági és a társadalmi tevékenységben, egy kicsit később ebben az évszázadban és a következőben olyan méretűvé válhat, ami hatásaiban a 20. század első felében történt világháborúkhoz és a gazdasági világválsághoz hasonló. És nagyon nehéz vagy szinte lehetetlen lesz ezeket a változásokat visszafordítani. Az éghajlatváltozás kezelése egy hosszú távú növekedés melletti stratégia, és úgy kell megvalósítani, hogy ne korlátozza a gazdag vagy szegény országok növekedés iránti törekvéseit. Minél előbb történik meg a hatékony cselekvés, annál kevesebb költséggel fog járni.

Ugyanakkor mivel az éghajlatváltozás jelenleg is zajlik, nagyon fontosak az olyan intézkedések, melyek segítik az emberek ehhez való alkalmazkodását. És minél kisebb mitigációt végzünk most, annál nehezebb lesz a jövőben az alkalmazkodás folytatása.

***

A tudományos bizonyíték rámutat a szokásos üzletmenetből (BAU) származó kibocsátásokhoz társított éghajlatváltozás okozta nagyon komoly és visszafordíthatatlan hatások egyre növekvő kockázataira.

Az éghajlatváltozás okainak és jövőbeni módjainak tudományos bizonyítéka folyamatosan erősödik. Külö-

nösen, hogy a tudósok most képesek valószínűségeket is hozzárendelni a légkörben lévő üvegházgázok stabilizációjának eltérő szintjeivel összekapcsolt természeti környezetet érő hőmérsékleti kimenetekhez és hatásokhoz. A tudósok most már jobban megértik a dinamikus visszacsatolások potenciálját, melyek az éghajlatváltozás korábbi időszakaiban jelentősen erősítették a háttérben zajló fizikai folyamatokat.

A légkörben található üvegházgázkészletek (beleértve a szén-dioxidot, a metánt, a nitrogén-oxidokat és az ipari folyamatokból származó számos többi gázt) az emberi tevékenység eredményeképpen folyamatosan nőnek.

A légkörben található üvegházgázok jelenlegi szintje vagy mennyisége mintegy 430 ppm szén-dioxidnak felel meg; az ipari forradalom előtti ez mindössze 280 ppm-es érték volt. Ez a koncentráció már kiváltotta a világ több mint 0,5 Celsius-fokkal való felmelegedését, és a következő néhány évtizedben további 0,5 fokos felmelegedéshez vezet majd az éghajlati rendszer tehetetlensége miatt.

Még ha a kibocsátások éves mennyisége nem is emelkedne a mai érték fölé, a légkörben lévő üvegházgázkészlet elérné az ipari forradalom előtti szint kétszeresét 2050-re – ami 550 ppm $CO_2$-e – és tovább növekedne azután is. De a kibocsátás éves mennyiségének mértéke rohamosan nő, mivel a gyorsan növekvő gazdaságok magas széntartalmú infrastruktúrába fektetnek be, illetve a világon mindenhol növekszik az energia és a közlekedés iránti kereslet. Az 550 ppm $CO_2$-e szint már 2035-re elérhető. Ezen a szinten legalább 77%-os esély van – és feltehetően ez elérheti a 99%-os esélyt is, az alkalmazott éghajlati modelltől függően – arra, hogy a globális átlagos hőmérsékletnövekedés meghaladja a 2 °C-t.

A BAU-forgatókönyv szerint az üvegházgázkészlet több mint háromszorosára nőhet a század végére, legalább 50%-os kockázatot jelentve, hogy több mint 5 °C-os globális átlagos hőmérsékletváltozás lesz az elkövetkezendő évtizedek alatt. Ez az emberiséget egy ismeretlen területre fogja vezetni. Ilyen léptékű növekedést szemléltet az a példa, hogy most csak körülbelül 5 °C-kal van melegebb, mint a legutóbbi jégkorszakban.

Az ilyen jellegű átalakulások megváltoztathatják a világ természetföldrajzát. Egy ilyen radikális változásnak a világ természetföldrajzában komoly következményekkel kell lennie a humánföldrajzra – azaz, ahol és ahogyan az emberek élnek.

Az éghajlatváltozás a Föld lakosságának alapvető életfeltételeit – a vízhez való hozzáférés, az élelemtermelés, az egészség, valamint a föld és a környezet használata – fenyegeti.

Az éghajlatváltozás gazdasági költségeinek becslése nehéz feladat, de módszerek vagy megközelítések sokasága létezik, melyek lehetővé teszik számunkra a kockázatok nagyságának becslését, és azok összehasonlítását a költségekkel. Ez a Jelentés ezen megközelítések közül hárommal foglalkozik.

Először a fizikai hatásoknak a gazdasági tevékenységre, az emberi életre és a környezetre gyakorolt hatásait vizsgálja részletesebben.

A jelenlegi tendencia szerint az átlagos globális hőmérséklet 2–3 °C-kal növekszik az elkövetkezendő mintegy 50 éven belül. A Föld néhány fokkal nagyobb felmelegedésnek lesz kitéve, ha a kibocsátások mennyisége tovább növekszik.

A felmelegedésnek sok komoly hatása van, gyakorta a vizeken keresztül közvetítve:

A gleccserek olvadása elsősorban az áradások kockázatát fogja megnövelni, majd erőteljesen lecsökkenti a vízkészleteket, a világ lakosságának mintegy 1/6-át veszélyeztetve, főként az indiai szubkontinensen, Kína bizonyos részein és a dél-amerikai Andokban. A terméshozamok csökkenése, különösen Afrikába, emberek millióitól veheti el az elegendő élelem megtermelésének vagy megvásárlásának lehetőségét. A közepes és magas szélességen fekvő termőhelyeken a terméshozamok emelkedhetnek a mérsékelt hőmérséklet-növekedésnek köszönhetően (2–3 °C), de ez nagyobb felmelegedés esetén ismét csökkenni fog. 4 °C vagy afölötti emelkedés esetén a globális élelemtermelés valószínűleg komoly veszélybe kerül.

A magasabb szélességen fekvő helyeken a hideg okozta elhalálozások száma csökkenni fog. De az éghajlatváltozás következményeként az alultápláltság és a hőség okozta elhalálozások száma világszerte emelkedni fog. Az állatok terjesztette betegségek, mint a malária és a dengue-láz egyre inkább elterjedhetnek, ha nem tesznek hatékony óvintézkedéseket.

A tengerek vízszintjének emelkedése miatt évente emberek millióit árasztja el a víz egy 3 vagy 4 °C-os felmelegedés esetén. Komoly kockázatok és növekvő nyomás nehezedik majd a tengerpartok védelmére Délkelet-Ázsiában (Banglades és Vietnam), a karib-tengeri és a csendes-óceáni kis szigeteken, és a nagy tengerparti városokban (Tokió, New York, Kairó és London). Az egyik becslés szerint a század közepére 200 millió ember maradhat folyamatosan kitelepítve a tengerek vízszintjének emelkedése, a heves áradások és az egyre intenzívebb aszályok miatt.

Az életközösségek különösen sebezhetőek lesznek az éghajlatváltozás miatt, a fajok mintegy 15–40%-a halhat ki egy 2 °C-os felmelegedés esetén. Továbbá az óceán elsavasodása, ami egyenes következménye a széndioxid-szint emelkedésének, is hatással lesz a tengeri életközösségekre, így a halállomány is károsodni fog.

Az éghajlatváltozás okozta károk a világ melegedésével egyre nagyobbak lesznek.

A magasabb hőmérséklet megnöveli a hirtelen és nagymértékű változások esélyét.

A felmelegedés hirtelen változásokat idézhet elő a regionális időjárási viszonyokban, mint például a monszunesők Dél-Ázsiában, vagy az El Niño-jelenség – olyan változásokat, melyek komoly következményekkel lehetnek a vízhez való hozzáférhetőséget és az áradásokat illetően a trópusi területeken, és emberek millióinak az életét fenyegethetik.

Számos tanulmány arra a következtetésre jut, hogy

az amazóniai esőerdők az éghajlatváltozás miatt sérülékennyé válhatnak, és olyan modelleket mutatnak be, melyek jelentős szárazságot jósolnak ebben a régióban. Az egyik ilyen modell szerint például az amazóniai esőerdők jelentősen és valószínűleg visszavonhatatlanul károsodnának egy 2–3 °C-os felmelegedés esetén.

A jégtáblák olvadása vagy összetöredezése veszélybe sodorná azt a földterületet, ami jelenleg minden huszadik ember otthona.

Míg nagyon sokat kell még megtanulnunk ezekről a kockázatokról, a hőmérséklet, melyet a csillapítatlan éghajlatváltozás eredményezhet, a világot az ember által soha meg nem tapasztalt helyzetbe sodorja. Ez nagyon káros következmények lehetőségét vetíti előre.

Az éghajlatváltozás hatásai nem oszlanak el egyenletesen – a legszegényebb országok és emberek fogják a legkorábban és legjobban megszenvedni ezeket. És ha és amikor a károk felmerülnek, már nagyon késő lesz a folyamatot visszafordítani. Ezért nagyon messzire előre kell tekintenünk.

Az éghajlatváltozás egy nagyon komoly fenyegetés a fejlődő világ számára, és egy nagy akadály a szegénység folytatódó visszaszorításában számos szempontból. Elsősorban azért, mert a fejlődő területek földrajzilag hátrányos helyzetűek: már eleve átlagban véve melegebb éghajlattal rendelkeznek, mint a fejlett régiók, és a csapadék mennyisége is széles skálán mozog. Így a szegény országok esetében a további felmelegedés magasabb költségeket és kisebb hasznokat fog eredményezni. Másodsorban: a fejlődő országok – és azok közül is a legszegényebbek – erősen függenek a mezőgazdaságtól, ami a gazdasági ágazatok közül a leginkább éghajlatérzékeny; nincs megfelelő egészségügyi ellátásuk, továbbá gyenge a közigazgatásuk. Harmadsorban: alacsony jövedelmeik és sérülékenységük nehezíti az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást.

A sérülékenység miatt az éghajlatváltozás a fejlődő országokban valószínűleg tovább csökkenti a már egyébként is alacsony jövedelmeket, továbbá megnöveli a betegségek számát és a halálozási arányt. A mezőgazdaságból származó csökkenő jövedelmek megnövelik a szegénységet és csökkentik a háztartások jobb jövő iránti lehetőségeit, rákényszerítve őket arra, hogy a túlélés érdekében feléljék szerény megtakarításaikat. Nemzeti szinten az éghajlatváltozás az állami bevételek csökkenését eredményezi, megnöveli a kiadásokat, rontva ezzel az államháztartás helyzetét.

Sok fejlődő ország már most harcol, hogy megküzdjön az éghajlatával. Az éghajlati csapások a fejlődő országokban manapság visszavetik a gazdasági és a társadalmi fejlődést, még egy kevesebb, mint 1 °C-os hőmérséklet-emelkedés esetén is. A változatlan éghajlatváltozás hatásai – azaz egy 3 vagy 4 °C-os vagy annál nagyobb emelkedés – nagyon jelentősen megnöveli ezen események kockázatait és költségeit.

Az ilyen mértékű hatások átterjedhetnek a határokon, tovább súlyosbítva a károkat. A tengerek emelkedő vízszintje és más éghajlat okozta változások emberek millióit késztethetik elvándorlásra: Banglades területének több mint egyötöde kerülhet víz alá a tengerszint 1 méteres megnövekedése esetén, ami az évszázad végére be is következhet. Az éghajlattal kapcsolatos csapások erőszakos konfliktusokat indítottak el a múltban, és a konfliktus komoly kockázati tényezőnek számít az olyan területeken, mint Nyugat-Afrika, a Nílus medencéje és Közép-Ázsia.

Az éghajlatváltozásnak eleinte lehetnek kisebb pozitív hatásai néhány fejlett ország esetében, de a BAU-forgatókönyvek szerint ez inkább nagyon káros lesz az évszázad közepére vagy végére várható nagyon nagy hőmérséklet-növekedés miatt.

A magasabb szélességen fekvő területeken, mint Kanada, Oroszország vagy Skandinávia az éghajlatváltozás nettó hasznot is eredményezhet egy 2 vagy 3 °C-os hőmérséklet-növekedés esetén, így magasabb mezőgazdasági hozamokat, kevesebb téli halálesetet, alacsonyabb fűtési szükségleteket és a turizmus lehetséges felvirágzását hozhatja. De ugyanezek a területek fogják megtapasztalni a felmelegedés leggyorsabb ütemét is, így például az infrastruktúra, az emberi egészség, a helyi megélhetés és a biológiai sokféleség romló körülményeit.

Az alacsonyabb szélességen fekvő fejlett országok sokkal sérülékenyebbek lesznek – például Dél-Európában a vízellátás és a terméshozam várhatóan 20%-kal csökken a globális hőmérséklet 2 °C-os emelkedése esetén. Azok a területek, ahol már most kevés a víz, komoly nehézségekkel és növekvő költségekkel fognak szembenézni.

A szélsőséges időjárás (viharok, hurrikánok, tájfunok, áradások, szárazság és hőhullámok) okozta károk növekvő költségei semlegesítik az éghajlatváltozással járó egyes korai hasznokat, és magasabb hőmérsékleteknél rohamosan növekednek. Egy nagyon egyszerű extrapolációt alapul véve a szélsőséges időjárás költségei a század közepére önmagukban elérhetik a világ GDP-jének évi 0,5–1%-át, és ez tovább fog emelkedni a világ folytatódó felmelegedése esetén.

A hurrikánok sebességének 5–10%-os növekedése a tengervíz magasabb hőmérsékletével együtt előreláthatóan körülbelül kétszeresére növeli a károk éves költségeit az Egyesült Államokban.

Az Egyesült Királyságban az áradások okozta éves veszteség, ami önmagában jelenleg a GDP 0,1%-a, elérheti a GDP 0,2–0,4%-át abban az esetben, ha a globális átlagos hőmérséklet 3 vagy 4 °C-kal emelkedik.

Az olyan hőhullámok, mint amilyeneket Európa 2003-ban tapasztalt meg, amikor 35 ezer ember halt meg, és a mezőgazdasági veszteségek 15 milliárd dollárra rúgtak, mindennaposak lesznek az évszázad közepére.

Magasabb hőmérséklet esetén a fejlett gazdaságok nagy léptékű csapások növekvő kockázatával néznek szembe – például a szélsőséges időjárás eseményeinek növekvő költsége hatással lehet a globális pénzügyi piacokra a magasabb és sokkal bizonytalanabb biztosítási költségeken keresztül.

Az integrált értékelési modellek egy olyan eszközt adnak a kezünkbe, ami lehetővé teszi a gazdaságra gyakorolt összesített hatás meghatározását; a becsléseink azt

mutatják, hogy ez a hatás valószínűleg nagyobb lesz az eddig becsültnél.

A Jelentés által alkalmazott második megközelítés, mely az éghajlatváltozás kockázatait és költségeit vizsgálja, az integrált értékelési modellt használja fel az összesített pénzügyi becslések meghatározására.

Az éghajlatváltozás átfogó hatásainak pénzben kifejezett formális modellezése nagy kihívás, és a világ két évszázadra szóló vagy azon túlra nyúló modellezése nagy óvatosságot kíván az eredmények értelmezésénél. Ahogy azonban már elmagyaráztuk, egy cselekvés és következménye között nagyon sok idő telik el, és a cselekvéshez szükséges mennyiségi elemzés az ilyen átfogó modellezési gyakorlatoktól függ. Az éghajlatváltozás pénzügyi hatásai a mostani számítások szerint komolyabbak, mint azt a korábbi tanulmányok gondolták; ez azért van így, mert azok a tanulmányok arra tettek kísérletet, hogy a legbizonytalanabb, de potenciálisan legkárosabb hatások némelyikét kizárják. A tudomány területén az utóbbi időben végbemenő fejlődésnek köszönhetően ma már lehetőségünk van ezen valószínűségek alkalmazásával ezeket a kockázatokat közvetlenebbül vizsgálni.

A múltban a legtöbb formális modellezés a 2–3 °C-os felmelegedés forgatókönyvét használta kiindulópontként. Ebben a hőmérsékleti tartományban az éghajlatváltozás költsége a világ globális teljesítményét alapul véve körülbelül egy 0–3%-os állandó veszteségnek felel meg, összehasonlítva azzal, ami elérhető lett volna egy éghajlatváltozás nélküli világban. A fejlődő országoknak még ennél is nagyobb költségekkel kell számolniuk.

Ezek a korábbi modellek azonban túlságosan optimisták voltak a felmelegedést illetően: a legfrissebb ismereteink azt mutatják, hogy a kibocsátások területén a BAU-trendek okozta hőmérsékleti változások meghaladhatják a 2–3 °C-ot az évszázad végére. Ez erőteljesebben megnöveli a hatások szélesebb skálájának valószínűségét, mint amire előzetesen számítottak. Ezen hatások legtöbbjét, mint például a hirtelen és nagymértékű éghajlatváltozást, nagyon nehéz számszerűsíteni. Egy 5–6 °C-os felmelegedés esetén – aminek elég nagy a valószínűsége az elkövetkezendő évszázadban – a már létező modellek, melyek figyelembe veszik a hirtelen és nagyarányú éghajlatváltozást, átlagosan 5–10%-os csökkenést becsülnek a világ GDP-jében, a szegény országok esetében ezek a költségek a GDP 10%-át is meghaladják. Sőt, már látunk olyan kis valószínűségű, de komoly hatású kockázatokat is, melyek az ennél akár nagyobb hőmérséklet-növekedés bekövetkezéséhez kapcsolódnak. Az ilyen jellegű hőmérséklet-növekedés az emberiség számára ismeretlen területre vezet minket, és radikális változásokkal jár a minket körülvevő világban.

Ilyen kilátások tükrében nem meglepő, hogy a Jelentés által használt modellezési keretnek a kockázat gazdaságtanára kellett épülnie. A lehetőségek átlagolása elrejti a kockázatokat. Mivel a kimenetek kockázatai sokkal rosszabbak, mint azt gondoltuk, így ezek nagyon valódiak és katasztrofálisak lehetnek. Az éghajlatváltozással foglalkozó szakpolitika nagymértékben készül ezeket a kockázatokat csökkenteni. Ezeket a kockázatokat nem lehet teljesen kiküszöbölni, de jelentősen lehet őket csökkenteni. Egy ilyen modellezési keretnek figyelembe kell vennie a jövedelmek elosztását, valamint a jövő generációiról való gondoskodást illető etikai döntéseket.

Az elemzésnek nem szabad csak a jövedelem jellegű intézkedésekre (pl. GDP) összpontosítania. Az éghajlatváltozásnak az egészségre és a környezetre kiható következményei valószínűleg nagyon komolyak lesznek. A különböző stratégiák átfogó összehasonlítása tartalmazni fogja ezeknek a következményeknek az elemzését is. Ismét bonyolult fogalmi, etikai és mérési kérdésekkel találkozunk, és az eredményeket kellő körültekintéssel kell kezelni.

A Jelentés egy konkrét modell, a PAGE 2002 eredményeit használja fel arra, hogy bemutassa, hogyan következnek az eredmények ezekből az integrált értékelési modellekből, válaszként arra a friss tudományos eredményre, mely a hőmérséklet növekedésével kapcsolatos valószínűségekről szól. A modellt kifejezetten a kockázatok elemzése céljából választottuk ki – ez egyike annak a kevés modellnek, amelyek ezt lehetővé teszik. Ezen felül alapfeltételezései átívelnek a korábbi tanulmányok hatókörén! Ezt a modellt olyan adatsorokkal használtuk, melyek megegyeznek a 2001-ben az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) által készített jelentés éghajlati előrejelzéseivel, és egy olyan adatkészlettel, amelyik az éghajlati rendszerben egy kicsit felerősített visszacsatolást tartalmaz. Ez a kis felerősítés az éghajlatváltozás megnövekedett kockázatainak egyik olyan területét illusztrálja, mely elfogadottan 2001 óta jelenik meg a tudományos szakirodalomban.

Azt is figyelembe vettük, hogy a megfelelő leszámítolási kamatláb alkalmazása, a szegény országok esetében a hatások értékeléséhez kapcsolt méltányossági súlyozásra vonatkozó becslések, valamint az elhalálozásra és a környezetre gyakorolt hatások becslése megnövelhetik az éghajlatváltozás becsült gazdasági költségeit.

Ezt a modellt alkalmazva, beleértve az elemzésnek azon elemeit, melyek már most belevehetők, úgy gondoljuk, hogy a BAU-kibocsátások esetén a következő két évszázad során végbemenő éghajlatváltozás teljes költsége olyan hatásokat és kockázatokat tartalmaz, melyek egyenértékűek egy, az egy főre jutó globális fogyasztás mostantól az idők végeztéig szóló legalább 5%-os átlagos csökkenésével. Bár ez a költségbecslés rendkívül magas, így is rengeteg fontos dolgot nem foglal magában.

A BAU költsége még tovább nőhet, ha a modell szisztematikusan figyelembe vesz három fontos tényezőt:

Az első, ha beleértjük a környezetre és az emberi egészségre gyakorolt közvetlen hatásokat (esetenként „nem-piaci” hatásoknak is nevezik ezeket) is, akkor az az éghajlatváltozás általunk becsült teljes költségét az egy főre jutó globális fogyasztás 5%-áról 11%-ára növeli ezen a pályán. A mérésekkel kapcsolatosan bonyolult analitikai és etikai kérdések merülnek fel. A modellben alkalmazott módszerek meglehetősen konzervatívak a hatásokhoz rendelt értékek tekintetében.

Másodsorban, néhány újabb keletű tudományos bizonyíték arra utal, hogy az éghajlati rendszer érzéke-

nyebb lehet az üvegházgáz-kibocsátásokra, mint azt eddig hittük, például a felerősített visszacsatolások (mint például a metánkibocsátás és a szénelnyelők gyengülése) megléte miatt. Becsléseink, melyek eddig ebben az érzékenységben csak kis mértékű emelkedést modelleztek, azt jelzik, hogy az éghajlati reagálás potenciális mértéke a BAU-görbe szerinti éghajlatváltozás költségét a globális fogyasztás 5%-áról 7%-ára, vagy ha a fent említett nem-piaci hatásokat is belevesszük, akkor 11%-áról 14%-ára növelheti.

Harmadsorban, az éghajlatváltozás terheinek aránytalan része hárul a világ szegény területeire. Ha ezt az aránytalan terhet megfelelően súlyozzuk, akkor egy 5-6 °C-os felmelegedés esetén az éghajlatváltozás becsült globális költsége több mint egynegyeddel magasabb lenne, mint a súlyozás nélkül.

Ezek a kiegészítő tényezők együttesen az egy főre jutó fogyasztás jelenlegi és a jövőre is érvényes 20%-os csökkenésének megfelelő értékkel is megnövelhetik a BAU-éghajlatváltozás teljes költségét.

Összegezve: azok az elemzések, melyek figyelembe veszik a hatások és a lehetséges következmények teljes skáláját – azaz melyek alkalmazzák a kockázat alapvető közgazdaságtanát –, úgy vélekednek, hogy a BAU-éghajlatváltozás az egy főre jutó fogyasztás 5–20% közötti mértékének megfelelő értékkel fogja csökkenteni a jólétet. Ha figyelembe vesszük a nagyobb kockázatok tudományos bizonyítékait, a katasztrófák bekövetkezésének lehetőségeivel kapcsolatos ellenszenvet, valamint a kevésbé átfogó intézkedések által okozott következmények szélesebb értelmű megközelítését, úgy a megfelelő becslés inkább a tartomány felső részében lesz.

A néhány évnyi távlaton túlmutató gazdasági előrejelzés nehéz, és pontatlan eredményt hozhat. Az éghajlatváltozás elemzése természeténél fogva megköveteli azt, hogy 50, 100, 200 vagy akár több évre is előre tekintsünk. Minden ilyen jellegű modellezés körültekintést és alázatosságot igényel, és az eredmények csak a modellre és a modell feltevéseire értelmezhetők. Nem kell ezeknek olyan pontosságot és bizonyosságot tulajdonítani, melyet egyszerűen nem lehet elérni. Ezen felül, néhány nagy tudományos és közgazdaságtani bizonytalanság olyan területekre vonatkozik, amelyekről nagyon keveset tudunk (például a nagyon magas hőmérséklet hatásai) – ez ismeretlen terület. Ezeknek a modelleknek a fő üzenete az, hogy amikor megpróbáljuk figyelembe venni a jövőbeni kockázatokat és bizonytalanságokat, a valószínűleg-súlyozott költségek nagyon nagynak mutatkoznak. A legtöbb (de nem mindegyik) kockázat csökkenthető egy határozott mitigációs szakpolitika segítségével, és valljuk azt, hogy ez a hatásokra kiszámított költségeknél jóval kisebb költséggel elérhető. Ebben az értelemben a mitigáció egy nagyon eredményes befektetés.

A kibocsátásokat a gazdasági növekedés irányítja és fogja is irányítani; a légköri üvegházgáz-koncentráció stabilizációja még elképzelhető, és a folytatódó növekedésnek megfelelően változik.

Az egy főre jutó $CO_2$-kibocsátás erősen összefügg az egy főre jutó GDP-vel. Ennek eredményeként 1850-től Észak-Amerika és Európa az energiatermelésnek köszönhetően a teljes CO2-kibocsátás mintegy 70%-át állította elő, míg a fejlődő országok ennek mintegy egynegyedéért felelősek. A jövőbeni kibocsátás többnyire a mai fejlődő országokban fog megnőni, a népesség és a GDP sokkal gyorsabb ütemű növekedése következtében, valamint az energiaintenzív iparágak növekvő részesedése miatt.

A történelmi minta és a BAU-előrejelzések ellenére a világnak nem kell választania az éghajlatváltozás elhárítása és a növekedés és fejlesztés ösztönzése között. Az energiatechnológiák területén és a gazdaságok szerkezetében végbemenő változások csökkentették a kibocsátások jövedelemnövekedésre való érzékenységét, különösen egyes gazdag országok esetén. Erős, megfontolt szakpolitikai alternatívákkal lehetséges mind a fejlett, mind a fejlődő gazdaságoknak az éghajlat stabilizálásához szükséges mértékű „széntelenítése" úgy, hogy a gazdasági növekedés mindkét esetben fenntartható.

A stabilizáció – legyen az bármilyen szintű – megköveteli, hogy az éves kibocsátást olyan szintre kell levinni, ami egyensúlyban van a Föld azon természetes kapacitásával, amivel az üvegházgázokat eltávolítja a légkörből. Minél tovább maradnak a kibocsátások ezen szint felett, annál magasabb lesz a végső stabilizációs szint. Hosszú távon az éves globális kibocsátást le kell csökkenteni 5 Gt CO2-e alá, mivel ez az a mennyiség, amit a Föld el tud nyelni anélkül, hogy a légköri ÜHG-szint emelkedne. Ez 80%-kal kevesebb, mint a jelenlegi éves kibocsátások abszolút szintje.

Ez a Jelentés a légkörben található üvegházgáz-koncentráció 450-550 ppm $CO_2$-e szinten történő stabilizációjának megvalósíthatóságát és költségeit vizsgálja.

Az 550 ppm CO2-e vagy ez alatti szinten történő stabilizáció esetén arra lenne szükség, hogy a globális kibocsátások az elkövetkezendő 10-20 évben érjék el a csúcsértéküket, majd utána egy legalább 1-3%-os éves csökkenés lenne kívánatos. 2050-re a globális kibocsátásnak legalább 25%-kal a jelenlegi szint alatt kell lenniük. Ezeket a csökkentéseket 2050-es világgazdasági szinthez képest kell megvalósítani, ami a mainál 3-4-szer lesz nagyobb – vagyis az egy GDP-egységre jutó kibocsátás legfeljebb a mai egynegyede lehet 2050-re.

A 450 ppm $CO_2$-e szinten való stabilizációhoz (túllépés nélkül) a globális kibocsátásoknak az elkövetkezendő 10 évben kellene tetőzniük, majd évente több mint 5%-kal csökkenniük, azaz legalább 70%-kal a jelenlegi szint alatt kell lenniük 2050-re.

Elméletileg lehetséges lenne a „túllépés", ha megengednénk, hogy a légköri ÜHG-koncentráció a stabilizációs szint felett tetőzzön, és majd utána csökkenjen, de ez gyakorlatilag nagyon bonyolult lenne, és nem vallana nagy bölcsességre. A túllépési forgatókönyvek nagyobb kockázattal járnak, mivel a hőmérséklet nagyon gyorsan emelkedne, és sokkal hamarabb tetőzne egy magasabb szinten sok évtizeden át, mint amennyi idő alatt a visszaesése megtörténne. A túllépés azt is igényelné, hogy a kibocsátások azt követően nagyon alacsony szintre csökkenjenek le, egy olyan természetes szénelnyelési szint

alá, ami nem lenne megvalósítható. Ezen felül, ha a magas hőmérséklet csökkentené a Föld szénelnyelő kapacitását – ami egyre valószínűbbnek tűnik a túllépésnek köszönhetően –, akkor a további kibocsátásokat sokkal gyorsabb ütemben kellene csökkenteni ahhoz, hogy elérjük légköri koncentráció meghatározott stabilizációs célját.

A kibocsátásnövekedés történeti trendjének visszafordítása, valamint a mai szinthez képest egy 35%-os vagy nagyobb csökkentés elérése egy komoly kihívás. Költségek merülnek fel, ahogy a világ egyre inkább áttér magas széntartalmú pályáról az alacsony széntartalmú pályára. De továbbra is lesznek üzleti lehetőségek, mivel az alacsony széntartalmú, nagy hatékonyságú termékek és szolgáltatások piacai egyre növekednek.

Az üvegházgáz-kibocsátásokat négyféleképpen lehet csökkenteni. A költségek erőteljesen eltérnek attól függően, hogy a négy módszer milyen kombinációjáról van szó, és hogy melyik iparágban:

- a kibocsátás-intenzív termékek és szolgáltatások iránti kereslet csökkentése;
- nagyobb hatékonyság, ami pénz- és kibocsátásmegtakarítást eredményezhet;
- a nem-energia kibocsátásokra vonatkozó intézkedések, mint például az erdőirtás elkerülése;
- az energia, a hő és a közlekedés területén az alacsony széntartalmú technológiákra való áttérés.

Ezeknek a változásoknak a költségbecslése kétféle módszerrel történhet. Az egyik az, hogy megnézzük az intézkedések erőforrásköltségeit, beleértve az alacsony széntartalmú technológiák bevezetését és a területhasználat területén bevezetett változtatásokat, összehasonlítva a BAU-alternatíva költségeivel. Ez megadja a költségek felső határát, mivel nem veszi figyelembe azokat a válaszlehetőségeket, melyek magukban foglalják a magas széntartalmú áruk és szolgáltatások iránti kereslet csökkentését.

A második módszer makroökonómiai modellt használ arra, hogy az alacsony széntartalmú gazdaságra való áttérés rendszerszintű hatásait vizsgálja. Ez hasznos lehet az idők során a különböző tényezők dinamikus interakciójának nyomon követésekor, beleértve a gazdaságok reagálását az árváltozásokra. De ezek lehetnek összetettek is, úgy hogy feltételezések egész sora befolyásolja az eredményeiket.

Ezt a két módszert alapul véve a központi becslés az, hogy az üvegházgázok stabilizációjának költsége egy 500-550 ppm $CO_2$-e szinten átlagosan az éves globális GDP 1%-a lesz 2050-re. Ez jelentős, de teljesen összeegyeztethető a folytatódó növekedéssel és fejlődéssel, a változatlan éghajlatváltozással ellentétben, ami végső soron fenyegeti a növekedést.

Az erőforrásköltség-becslés azt sugallja, hogy a kibocsátáscsökkentés várható éves költségének felső határa, mely összeegyeztethető egy 550 ppm $CO_2$-e szintű stabilizációhoz vezető pályagörbével, 2050-re valószínűleg eléri a GDP 1%-át.

Ez a Jelentés részletesen figyelembe veszi a technológiák és a kibocsátáscsökkentő intézkedések potenciálját és költségeit a különböző iparágakban. Mint az éghajlatváltozás hatásai esetében is, ez is jelentős bizonytalanságoknak van kitéve. Ezek magukban foglalják a technológiaköltségek néhány évtizedre előre történő becslésének, valamint a fosszilis tüzelőanyagok árai jövőbeni alakulásának nehézségeit. Azt is nagyon nehéz előre megjósolni, hogy az emberek hogyan reagálnak az árváltozásokra.

A mitigációs erőfeszítés pontos alakulása és a kibocsátáscsökkentés iparáganként összetétele ezért ettől az összes tényezőtől függ majd. De lehetőség van a költségek központi előrejelzésének elkészítésére a valószínű lehetőségek portfolióján keresztül, a tartománytól függően.

A kibocsátást és a költségek csökkentését célzó hatékonyságjavulások műszaki potenciálja nagyon lényeges. Az elmúlt évszázadban az energiaszolgáltatás hatékonysága tíz- vagy annak többszörösére nőtt a fejlett országokban, és a további növekedés lehetőségei még messze nincsenek kiaknázva. A Nemzetközi Energiaügynökség által készített tanulmányok azt mutatják, hogy 2050-re az energiahatékonyságnak megvan arra a lehetősége, hogy a kibocsátáscsökkentés egyedüli legnagyobb forrása legyen az energiaiparban. Ennek környezeti és gazdasági hatásai is lehetnek: az energiahatékonyságot célzó intézkedések csökkentik a veszteséget, és gyakran megtakarítást eredményeznek.

A nem-energia kibocsátások a teljes üvegházgáz-kibocsátás egyharmadát teszik ki; ebben az esetben az intézkedés egy fontos hozzájárulás. Egy nagyon lényeges bizonyíték azt mutatja, hogy a további erdőirtás megelőzését célzó intézkedés viszonylagos kevés pénzbe kerülhet összehasonlítva más jellegű mitigációkkal, ha a megfelelő szakpolitikák és intézményi szerkezetek megvalósulnak.

A tiszta energia-, hő- és szállítási technológiák jelentős mértékű alkalmazása szükséges a radikális kibocsátáscsökkentéshez közép- és hosszú távon. Az energiaellátás ágazatának szerte a világon legalább 60%-os, de talán akár mintegy 75%-os mértékben szénteleníttetnek kell lennie 2050-re ahhoz, hogy a stabilizáció elérje az 550 ppm $CO_2$-e szintet, vagy az alá csökkenjen. A közlekedési ágazatban a nagymértékű csökkentések rövid távon valószínűleg nagyon nehezek lesznek, de mindenképpen szükség lesz rájuk. Míg ezekből a technológiákból sok már most létezik, prioritásként ezen költségek csökkentése jelentkezik úgy, hogy ezek versenyképesek legyenek a fosszilis tüzelésű alternatívák egy, a szén árát meghatározó szakpolitikai rendszer alatt.

A technológiák portfoliójára van szükség a kibocsátások stabilizációjához. Nagyon valószínűtlen, hogy bármelyik technológia önállóan biztosítani fogja az összes szükséges kibocsátásmegtakarítást, mert az összes technológiának vannak korlátai, és az üvegházgáz-kibocsátásokat okozó tevékenységek és ágazatok széles skálája miatt. Az is bizonytalan, hogy mely technológiák bizonyulnak a legolcsóbbnak. Így egy portfolióra van szükség az alacsony költségű elhárításhoz.

Az alacsony széntartalmú globális gazdaságra való

áttérés a fosszilis tüzelőanyag bőséges készletei ellenére megy végbe. Azaz a szénhidrogén-készletek, melyek kitermelése gazdaságos, (a jelenlegi szakpolitikák szerint) több mint elegendőek ahhoz, hogy a világban az üvegházgáz-koncentráció szintjét jóval 750 ppm CO2-e fölé vigyék, nagyon veszélyes következményekkel. A BAU szerint azonban az energiafogyasztók valószínűleg átállnak az erősebben szénintenzív szén- és olajpalára, megnövelve ezzel a kibocsátásnövekedés sebességét.

Bár a megújuló energia és más alacsony széntartalmú energiaforrások használatának erőteljes gyarapodása érezhető, a szénhidrogének még mindig a globális energiakészlet több mint felét fogják kitenni 2050-ben. A kiterjedt szén-befogás és -tárolás lehetővé teszik a fosszilis tüzelőanyagok folyamatos használatát a légkör károsodása nélkül, és megvédi a határozott éghajlat-változási politikát attól a veszélytől, hogy bizonyos fázisaiban a fosszilis tüzelőanyagok árainak csökkenése aláaknázza azt.

Egy alacsony-széntartalmú gazdaság felé mutató átmenet kihívásokat teremt a versenyképesség terén, de lehetőségeket is nyújt a növekedésre.

A GDP 1%-a körüli mitigációs költségek igen alacsonyak, összehasonlítva az éghajlatváltozás így elkerülhető költségeivel és kockázataival. Egyes országokban és ágazatokban azonban a költségek magasabbak lesznek. Hatással lehetnek néhány nemzetközi kereskedelmi forgalomban lévő termék és eljárás versenyképességére. Ezeket nem kell túlbecsülni, és csökkenthetők vagy teljesen megszüntethetők, ha az országok vagy ágazatok együttműködnek; mindamellett lesz egy átmenet, amit kezelni kell. A gazdaságnak, mint egésznek lesznek hasznai az innovációból, melyek kompenzálni fognak valamennyit ezekből a költségekből. Minden gazdaság folytonos szerkezeti átalakuláson megy keresztül; a legsikeresebb gazdaságok azok, amelyek rugalmasan és dinamikusan élnek a változás adta lehetőséggel.

Jelentős új eshetőségek adódnak sok iparág és szolgáltatás számára. Az alacsony széntartalmú energiával működő termékek piaca 2050-re valószínűleg eléri az évi legalább 500 milliárd dollárt, vagy talán sokkal többet is. Az egyes vállalatoknak és országoknak úgy kell pozícionálniuk magukat, hogy ezekből a lehetőségekből előnyt tudjanak kovácsolni.

Az éghajlat-változási politika segít teljesen megszüntetni a már meglévő nem hatékony dolgokat. Vállalati szinten az éghajlati politikák megvalósítása felhívhatja a figyelmet a pénzmegtakarítási lehetőségekre. Összgazdasági szinten az éghajlat-változási politika egy eszköz lehet a nem hatékony energiarendszerek átalakítására és a torz energiatámogatások megszüntetésére, amire a világ kormányai jelenleg mintegy 250 milliárd dollárt költenek évente.

Az éghajlat-változási politikák segíthetnek más célok elérésében is. Ezek a másodlagos hasznok jelentősen csökkenthetik az üvegházgáz-kibocsátások csökkentésének összgazdasági költségeit. Ha az éghajlat-politika jól működik, akkor hozzájárulhat például a légszennyezettség okozta betegségek és halálozás csökkentéséhez, valamint a világ biológiai sokféleségében jelentős szerepet játszó erdők megóvásához.

Az energiabiztonságot szem előtt tartó nemzeti célok követhetők az éghajlat-változási célok mentén is. Az energiahatékonyság, valamint az energiaforrások és az energiaszolgáltatók változatossága növelik az energiabiztonságot, mint ahogyan világos hosszú távú szakmapolitikai kereteket biztosít az energiatermelésben működő befektetők számára. A szénelnyelés - és tárolás fontos a szénnek sok gazdaság számára a biztonságos és megbízható energiaszolgáltatásban betöltött szerepének megőrzése végett.

Az éghajlatváltozás várható káros hatásainak csökkentése ezért nagyon kívánatos és megvalósítandó.

Ennek a következtetésnek az alapja a fent becsült mitigációs költségek összehasonlítása a nem-cselekvés magas, az éghajlatváltozás hatásainak kockázatait és költségeit vizsgáló két első (az összesített és a lebontott) módszerünkben leírtak szerinti költségeivel.

A harmadik, a jelen tanulmány által alkalmazott, az éghajlatváltozás érdekében tett intézkedés költségeinek és hasznainak elemzésén alapuló megközelítés összehasonlítja az elhárítás határköltségeit a szén társadalmi költségével. Ez a megközelítés összehasonlítja a várható hasznok és költségek időbeni változásainak becsléseit a kibocsátásokban történő pótlólagos kis csökkentésből kiindulva, és mellőzi a nagy léptékű formális gazdasági modelleket.

A jelen tanulmányban foglalt értékelésre vonatkozó megközelítést alkalmazó előzetes számítások azt mutatják, hogy ma a szén társadalmi költsége, ha a BAU-pályagörbén maradunk, 85 dollár/tonna nagyságrendű a széndioxidnál – magasabb, mint a szakirodalom tipikus értékei –főként azért, mert a kockázatot explicit módon kezeljük, és belevesszük a legfrissebb ismereteket a kockázatokba, de ez mindenesetre jóval a közzétett becslések tartományán belül van. Ez a szám jóval az elhárítási határköltségek fölött van a legtöbb ágazat esetén. Ha összehasonlítjuk a BAU-pályagörbén lévő szén társadalmi költségeit egy olyan görbéjével, ami az 550 ppm CO2-egyenértéknél lévő stabilizáció felé halad, akkor nettó jelenértéken a költségeken túlmutató többlethasznot kapunk, erős mérséklési politikák idei bevezetésével, a világot egy jobb útra terelve: a nettó haszon 2,5 trillió dollár nagyságrendű lenne. Ez a szám idővel emelkedni fog. Ez nem egy az idei évben felmerülő nettó haszon becslése, hanem az ebben az évben megtett intézkedésekből származó esetleges haszonmérték; a költségek és a hasznok közül sok közép- és hosszú távú lenne.

Még ha rendelkezünk is ésszerű szakmapolitikákkal, a szén társadalmi költsége folyamatosan emelkedni fog az idő előrehaladtával, ami egyre több mitigációs technológiai lehetőséget tesz költséghatékonnyá. Ez nem azt jelenti, hogy a fogyasztóknak az általuk jelenleg használt árukat és igénybe vett szolgáltatásokat tekintve mindig emelkedő árakkal kell szembenézniük, mivel az innováció által vezérelt erős szakmapolitika végül csökkenteni fogja gazdaságaink szénintenzitását, és a fogyasztók akkor majd csökkenést érzékelnek azokban az árakban,

amelyeket az alacsony széntartalmú technológiák éretté válásáig fizetnek.

A tanulmányban az éghajlatváltozás költségeinek elemzésére alkalmazott három megközelítés mindegyike rávilágít a határozott intézkedés kívánatosságára, a mitigációra vonatkozó intézkedési költségek becsléseinek megadásával. De mennyi intézkedésre van szükség? A tanulmány a továbbiakban folytatja ennek a kérdésnek a közgazdaságtani elemzését.

A jelenlegi ismereteink valahol a 450–550 ppm $CO_2$-egyenérték értéktartományon belüli stabilizáció megcélzását sugallják. Ha ennél bármennyivel is több lenne, az lényegesen megnövelné a nagyon káros hatások kockázatát, míg a mitigáció elvárható költségeit viszonylag kisebb mértékben. Ezen értéktartomány alsó részének megcélzása azt jelentené, hogy a mitigáció költségei valószínűleg nagyon rohamosan nőnének. Az ettől bármennyivel is alacsonyabb érték biztosan nagyon magas pótlólagos költségeket vonna maga után rövidtávon kis nyereségért cserében, és nem biztos, hogy megvalósítható lenne, nem kevésbé a határozott intézkedések megtételében bekövetkezett múltbéli késedelmek miatt.

A bizonytalanság egy indok egy többet, és nem kevesebbet követelő célt kíván meg, a mostoha éghajlatváltozás okozta hatások mértéke miatt a legrosszabb esetre vonatkozó forgatókönyvek esetében.

Az üvegházgázok végső koncentrációja meghatározza a szén társadalmi költsége becsléseinek pályagörbéjét; ezek tartalmaznak egyfajta etikai megítélést és megközelítést is a modellezésben megtestesített bizonytalanság kezelése esetében. Az ezen tanulmányhoz készített előzetes munkák azt sugallják, hogy ha a cél 450-550 ppm $CO_2$-e lenne, akkor a szén társadalmi költsége 25-30 dollár/tonna széndioxid tartományban lenne – ez körülbelül az egyharmada annak a szintnek, ha a világ a BAU-nál marad.

A szén társadalmi költsége valószínűleg folyamatosan emelkedni fog az idő előrehaladtával, mert a határveszteségek nőnek a légkörben lévő ÜHG-készlettel, és ez a készlet az idők során nő. A szakmapolitikának ezért biztosítania kell, hogy az elhárítási határtörekvések is erősödjenek idővel. De a technológiai fejlődést is elő kell segítenie, ami csökkenti az elhárítás átlagos költségeit, noha a szén árazása önmagában nem fogja elég hatékonyan ösztönözni a szükséges innovációt, különösen az első időszakban.

A Jelentés első fele ezért bemutatja, hogy az éghajlatváltozást érintő határozott intézkedés, beleértve a mitigációt és az adaptációt, minden fáradtságot megér, és megfelelő célokat javasol az éghajlat-változási szakpolitika részére.

A Jelentés második része megvizsgálja egy ilyen szakmapolitika megfelelő formáját, és hogy hogyan lehet ezt egy nemzetközi együttes intézkedés keretén belülre helyezni.

A kibocsátáscsökkentést célzó szakpolitikának három fontos elemen kell alapulnia: a szén árazása, a technológiapolitika és a magatartásbeli változások terén lévő akadályok megszüntetése.

Az üvegházgáz-kibocsátás csökkentése területén összetettek a kihívások. A szakmapolitikának hosszú távú horizontokkal és egyéb, a piaci tökéletlenségek és dinamikák tartományát kezelő kölcsönhatásokkal kell foglalkoznia.

A stabilizációt célzó hosszú távú célok széles körű megértése nagyon fontos útmutatás az éghajlatváltozást érintő szakmapolitika megalkotást illetően: erőteljesen leszűkíti az elfogadható kibocsátási görbék skáláját. De évről évre a rugalmasság abban, hogy miben, hol és mikor legyenek csökkentések mérsékelni fogják az ezen stabilizációs célok elérésére szánt költségeket.

A szakmapolitikáknak alkalmazkodniuk kell a változó körülményekhez, mivel a költségek és a hasznok, melyek az éghajlatváltozásra válaszként jelennek meg, egyre világosabbá válnak az idők folyamán. Ezeknek a szakmapolitika-készítés változatos nemzeti feltételeire és megközelítéseire is építeniük kell. De a jelenlegi intézkedések és a hosszú távú célok közötti erős kapcsolódásoknak a szakmapolitika frontvonalába kell kerülniük. A mitigációs politikának három lényeges eleme van: a szén ára, a technológiapolitika és a magatartásbeli változások terén lévő akadályok megszüntetése. Bármelyik elem figyelmen kívül hagyása jelentősen megnöveli az intézkedés költségét.

A szén árának adóval, kereskedelemmel vagy szabályozással való meghatározása az éghajlat-változási politika alapvető eleme.

A szakpolitika első eleme a szén árazása. Az üvegházgázok gazdasági értelemben externáliák: az üvegházgázok kibocsátói okozzák az éghajlatváltozást, ezért a világra és az elkövetkezendő generációkra rónak költségeket, de ők maguk nem szembesülnek tevékenységeik minden következményével.

A szén megfelelő beárazása – akár közvetlenül, adóval vagy kereskedelemmel, akár közvetve, szabályozással – azt jelenti, hogy az embereket szembesítik tevékenységeik teljes társadalmi költségével. Ez az egyéneket és a vállalkozásokat arra készteti, hogy a magas széntartalmú áruktól és szolgáltatásoktól elpártoljanak, és az alacsony széntartalmú alternatívákba fektessenek be. A gazdasági hatékonyság rámutat a közös globális szénár előnyeire: a kibocsátáscsökkentés ott valósul meg, ahol ez a legolcsóbb.

A szakmapolitikai eszköz kiválasztása függ az ország nemzeti körülményeitől, az egyes ágazatok jellemzőitől, valamint az éghajlat-változási és más szakmapolitikák közötti kapcsolattól. A szakmapolitikák fontos eltérésekkel bírnak az egyéneken keresztül a költségek elosztásánál fellépő következményeknél, valamint az államháztartásra gyakorolt hatást illetően. A megadóztatás azzal az előnnyel jár, hogy egy állandó állami bevételt biztosít, míg a kereskedelem esetén az árverés elterjedése nagy valószínűséggel nagyon jó hatással lesz a hatékonyságra, az elosztásra és az államháztartásra. Egyes országoknak a kereskedelmi kezdeményezésekre kellene összpontosítaniuk, másoknak az adózásra és a szabályozásra, míg ismét másoknak ezen szakmapolitikák egyfajta keverékére. Ezek kiválasztása pedig ágazatonként változhat.

A kereskedelmi rendszerek alkalmazása hatékony módszer lehet arra, hogy ország- és ágazatszerte kiegyenlítődjék a szén ára, és az EU Kibocsátás-kereskedelmi Rendszere (ETS) jelenleg a kibocsátások csökkentését célzó európai erőfeszítések középponti része. A kibocsátáskereskedelem hasznának beszedése érdekében a rendszernek ösztönző elemeket kell biztosítania a rugalmas és hatékony válasz érdekében. A kereskedelmi rendszer céljának kiszélesítése a költségek és a kiszámíthatatlanság csökkentésére irányul. A jövőbeni szabályok és rendszerformák átláthatósága és kiszámíthatósága segít bizalmat kiépíteni a jövőbeni szénár iránt.

A magatartási és befektetési döntések befolyásolása érdekében a befektetőknek és a fogyasztóknak hinniük kell abban, hogy a szén ára fenntartható lesz a jövőben. Ez különösen fontos a hosszú lejáratú részvénytőke-befektetéseknél. Az olyan befektetések, mint egy erőmű, épületek, ipari üzemek és légi járművek több évtizedig tartanak. Ha nincs bizalom az éghajlat-változási politikák megmaradását illetően, akkor a vállalkozások döntéshozatalkor nem tekintik tényezőnek a szén árát. Ennek következménye lehet a hosszú távú, magas széntartalmú infrastruktúrába való túlzott befektetés – mely a kibocsátások későbbi csökkentését eredményezi, sokkal nagyobb költséggel, és nehezebben.

De a bizalom kiépítéséhez időre van szükség. Az elkövetkezendő 10-20 év az áttérés időszaka lesz egy olyan világról, ahol a szénárazás rendszere gyerekcipőben jár egy olyanra, ahol a szénárazás általános és automatikusan tényezőként lép fel egy döntés meghozatala során. Ez alatt az átmeneti időszak alatt, amíg a szakmapolitika iránti bizalom még töretlen, és a nemzetközi keretek kialakulnak, döntő jelentőségű, hogy a kormányok törődjenek azzal, hogy hogyan kerüljék el a magas széntartalmú infrastruktúrába való beszorulás kockázatait. Természetesen ide kell érteni azt is, hogy van-e szükség olyan további indokolt intézkedésekre, melyek a kockázatok csökkentéséhez szükségesek.

A szakmapolitikákra szükség van az alacsony széntartalmú és a nagy hatékonyságú technológiák köre fejlődésének támogatása végett záros határidőn belül.

Az éghajlat-változási politika második alkotóeleme a technológiapolitika, ami lefedi a teljes spektrumot a kutatás-fejlesztéstől egészen a demonstrációs és a korai alkalmazási szakaszig. Az alacsony széntartalmú technológiák széles skálájának fejlesztése és alkalmazása nagyon fontos a kibocsátások terén történő szükséges komoly csökkentések elérése érdekében. A magánszféra fontos szerepet játszik a K+F-ben és a technológia elterjesztésében, de egy szorosabb együttműködés a kormány és az ipar között tovább ösztönzi az alacsony széntartalmú technológiák széles portfoliójának fejlesztését, és csökkenti a költségeket.

A legtöbb alacsony széntartalmú technológia jelenleg sokkal többe kerül, mint a fosszilis tüzelőanyagú alternatívák. De a tapasztalatok azt mutatják, hogy a technológiák költsége számuk növekedésével és a tapasztalatokkal csökkent.

A szén árazása ösztönzést ad az új technológiákba való befektetéshez a szén csökkentését célozva; enélkül azonban nagyon kevés más ok van hasonló befektetésekre. De az új, alacsony széntartalmú technológiákba való befektetés kockázatokkal jár. A vállalatok aggódhatnak, hogy az új termékeiknek nem lesz piaca, ha a szénárazási politika nem marad fent a jövőben. A kutatás-fejlesztés során szerzett ismeret közjószág; a vállalatok kevesebbet fognak a nagy társadalmi megtérülésű projektekbe fektetni, ha attól félnek, hogy nem lesznek képesek megszerezni a teljes hasznot. Ezért vannak nagyon jó gazdasági indokok arra, hogy közvetlenül fejlesszék az új technológiát.

A kutatás-fejlesztésre és demonstrációra fordított közpénzek jelentősen csökkentek az elmúlt két évtizedben, és manapság is viszonylag alacsonyak más iparágak esetében is. Az ezen a területen megduplázódó befektetések magas megtérülése globálisan évi 20 milliárd dollár körül vannak, a változatos technológiai portfolió kialakítását támogatva.

Egyes ágazatokban – különösen az elektromosáram-termelésben, ahol az új technológiák harcolnak egy talpalatnyi hely megszerzéséért – a technológiák szakmapolitikák általi támogatása a piacon a korai szakaszban döntő jelentőségű lesz. A Jelentés arra a következtetésre jut, hogy a világszerte létező telepítési ösztönzők mértéke kétszeresről ötszörösre növekedhet a jelenlegi évi 34 milliárd dollárról. A hasonló jellegű intézkedések erőteljes motivációt jelentenek az innováció számára a magánszektorban, a szükséges technológiák skálájának előremozdításához.

A magatartásbeli változások terén lévő akadályok megszüntetése a harmadik nagyon fontos alkotóelem, az egyik olyan, ami különösen fontos az energiahatékonyság terén lévő lehetőségek kiaknázásának ösztönzése során.

Még ott is lehetnek az intézkedést akadályozó események, ahol a kibocsátások csökkentését szolgáló intézkedések költséghatékonyak. A megbízható információk hiányára, a tranzakciós költségekre és a magatartásbeli és szervezeti tehetetlenségre gondolunk például. Ezeknek az akadályoknak a hatása a legvilágosabban a költséghatékony energiahatékonysági intézkedések megvalósításának gyakori kudarcainál jelentkezik.

A szabályozó intézkedések nagyon fontos szerepet játszhatnak a csökkentésben ezeken a komplexitásokon keresztül, egyértelműséget és bizonyosságot biztosítva. Az épületek és a berendezések minimumkövetelményei költséghatékony módszernek bizonyultak a teljesítmény javítása érdekében, ahol az árjelzések önmagukban nem lennének túlságosan jelentős hatással.

Az információs politikák, ideértve a címkézést és a legjobb gyakorlat megosztását, segíthetik a fogyasztókat és a vállalkozásokat a helyes döntések meghozatalában, és ösztönözhetik az alacsony széntartalmú és nagy hatékonyságú áruk és szolgáltatások piaci versenyét. A pénzügyi intézkedések szintén segíthetnek a hatékonysági fejlesztések közvetlen költségeinek megfizetését kísérő lehetséges nehézségek leküzdésében.

Az éghajlatváltozás természetének széles körű meg-

értésének ösztönzése és ennek következményei fontosak a magatartás formálásában, ugyanúgy, mint a nemzeti vagy a nemzetközi intézkedés támogatása. A kormányok katalizátorként működhetnek az olyan párbeszédek során melyek a bizonyosságot, az oktatást, a meggyőzést és a megbeszélést célozzák meg. A mostani diákoknál az éghajlatváltozás oktatása segít megformálni és fenntartani a jövőbeni szakmapolitika kialakítását, és a széles körű és nemzetközi viták támogatást nyújtanak a szakmapolitika mai készítőinek a határozott, azonnali intézkedések megtételéhez.

Az adaptációs politika nagyon fontos az éghajlatváltozás elkerülhetetlen hatásaival való foglalkozás során, azonban nagyon sok országban erre nem fektetnek elegendő hangsúlyt.

Az adaptáció az egyetlen olyan, a hatásokra alkalmazható válasz, ami jelen lesz az elkövetkezendő évtizedekben, mielőtt a mitigációs intézkedéseknek meglenne a hatásuk.

A mitigációval ellentétben az adaptációnak a legtöbb esetben lesznek helyi hasznai, melyek nem igényelnek hosszú kifutási időt. Ezért bizonyos adaptációk függetlenül fognak feltűnni, mint az egyéneknek a piacra vagy a környezeti változásokra adott válasza. Az adaptáció egyes szempontjai, mint például a főbb infrastrukturális döntések, nagyobb előretekintés és tervezést igényelnek. Vannak az adaptációnak olyan részei is, melyek globális hasznot hozó közjavakat igényelnek, ide értve az éghajlati rendszerről szóló helytálló információkat, és több, az éghajlathoz alkalmazkodóbb terményt és technológiákat.

A gazdaságszintű adaptáció költségeiről és hasznairól szóló információk száma jelenleg elég korlátozott. Az éghajlatérzékeny ágazatokról szóló tanulmányok számos olyan adaptációs lehetőségre mutatnak rá, melyek a többletköltséget meghaladó hasznot hoznak. De magasabb hőmérsékleten az adaptáció költségei nagyon hirtelen fognak emelkedni és a visszamaradó károk jelentősek lesznek. Az OECD-országokban az éghajlatváltozást jól tűrő új infrastruktúra és épületek kialakításának többletköltségei évente 15-150 milliárd dollárra (a GDP 0,05–0,5%-a) rúghatnak.

Az adaptációban rejlő kihívás különösen éles lesz a fejlődő országokban, ahol a nagyobb sebezhetőség és a szegénység korlátozzák majd az intézkedésre való kapacitást. Bár fejlett országokról van szó, a költségeket nagyon nehéz megbecsülni, de valószínűleg több 10 milliárd dollárt emésztenek majd fel.

Azok a piacok, melyek reagálnak az éghajlati információkra, ösztönözni fogják az egyének és cégek között az adaptációt. Például a kockázat alapú biztosítási rendszerek erős jelzéseket adnak az éghajlati kockázatok méretét illetően, és ezért ösztönözni fogják a jó kockázatkezelést.

A kormányoknak szerepük van egy szakmapolitikai keret biztosításában az egyének és a cégek által történő hatékony adaptációhoz közép- és hosszú távon. Négy kulcsfontosságú terület van:

A csúcsminőségű éghajlati információk és a kockázatkezelési eszközök segítenek ösztönözni a hatékony piacokat. A jobb regionális éghajlati előrejelzések nagyon fontosak lesznek, különösen a csapadék és a viharok mintázatát illetően.

A területhasználati és teljesítményre vonatkozó szabványoknak mind a magán-, mind az állami befektetéseknél ösztönöznie kellene az éghajlatváltozás figyelembevételét az építkezések és más hosszú távú infrastruktúra területén.

A kormányzatok hozzájárulhatnak a hosszú távú szakmapolitikákon keresztül az éghajlat-érzékeny közjavakhoz, ide értve a természeti erőforrások védelméhez, a partok védelméhez, és a vészhelyzetre való felkészültséghez.

Egy pénzügyi biztonsági hálózatra lehet szükség a társadalom legszegényebb rétegei részére, akik valószínűleg legjobban vannak kitéve a hatásoknak, és a legkevésbé képesek megvédeni magukat (beleértve a biztosítást).

A fenntartható fejlődés magában hordozza a változatosságot, a rugalmasságot és az emberi tőkét, melyek nagyon fontos elemei az adaptációnak. Az adaptációk nagy része azonban egyszerűen egy jó fejlesztési gyakorlat kiszélesítése – például egy mindenre kiterjedő fejlesztés elősegítése, jobbá teszi a katasztrófamenedzsmentet és a vészreagálást. Az adaptációs intézkedést be kell építeni a fejlesztési szakpolitikába és a tervezésbe minden szinten.

Az éghajlatváltozás hatásaira adott hatékony válasz függ a nemzetközi együttes intézkedés feltételeinek megteremtésétől.

Ez a Jelentés számos olyan intézkedést határozott meg, melyeket a közösségek és az országok átvehetnek, hogy megküzdjenek az éghajlatváltozás hatásaival.

Valójában már számos ország, állam és vállalat megkezdte az intézkedést. A legtöbb ország egyéni kibocsátása azonban túl kicsi a globális teljes kibocsátáshoz képest, és nagyon nagy csökkentések szükségesek a légkörben lévő üvegházgáz-koncentráció stabilizációjához. Az éghajlatváltozás mitigációja egy globális közjószág biztosításának klasszikus problémáját veti fel. Ez hasonlít más olyan környezeti kihívásokhoz, melyeknél a közös erőforrások nemzetközi menedzselésére van szükség a potyautas-jelenség kiküszöbölése végett.

Az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye, a Kiotói Jegyzőkönyv és más nem hivatalos partnerségek és párbeszédek egy olyan keretet biztosítanak, mely segítséget nyújt az együttműködéshez, valamint egy olyan alapot, amire fel lehet építeni a további együttes intézkedéseket.

Egy közös globális perspektíva, ami egyetért a probléma sürgős kezelésében, az éghajlat-változási politika hosszú távú céljaiban és egy sokoldalú kereten és összehangolt intézkedésen alapuló nemzetközi megközelítésben, nagyon fontos ahhoz, hogy a kihívás megfelelő léptékű válasz születhessék. Az éghajlatváltozás hatásaira tett intézkedést célzó nemzetközi rendszereknek ösztönözniük kell a különböző országok által különböző módon gyakorolt irányítást, ezekre válaszolniuk kell, és elő

kell segíteni, valamint motiválni az összes ország részvételét. Az eredményesség, a hatékonyság és az igazságosság (melyek a már létező sokoldalú keret megalapozását biztosították) elvére kell alapozniuk.

A cselekvés szükségessége sürgető: az energia és közlekedés iránti kereslet számos fejlődő országban gyorsan növekszik, és sok fejlett ország számára is esedékes a tőkeállomány jelentős hányadának megújítása. Az elkövetkezendő 10-20 évben megvalósítandó befektetések nagyon magas kibocsátásokat eredményezhetnek a következő fél évszázadra, vagy megadják a lehetőséget, hogy a világ egy fenntarthatóbb pályára kerüljön.

A nemzetközi együttműködésnek ki kell terjednie a kibocsátáscsökkentési politika összes szempontjára – árazás, technológia és a magatartásbeli akadályok megszüntetése, valamint a területhasználatból eredő kibocsátásokra vonatkozó intézkedés. Továbbá elő kell segítenie és támogatnia kell az adaptációt. Fontos intézkedési lehetőségek vannak jelenleg, beleértve az azonnali gazdasági haszonnal járó területeket (mint például az energiahatékonyság és a gázfáklyázás csökkentése), és olyan területeken, ahol a nagy léptékű kísérleti programok fontos tapasztalatokat eredményeznek a jövőbeni tárgyalásokhoz.

Az intézkedések minden egyes releváns dimenzióját érintő kölcsönös felelősségek széles köréről történő megegyezés hozzájárulhat az éghajlatváltozás kockázatainak csökkentését célzó átfogó cél megvalósításához. Ezeknek a kötelezettségeknek figyelembe kell venniük a költségeket, az ezek viselésére vonatkozó képességet, valamint a kiindulópontokat, a növekedés iránti kilátásokat és a múltat.

A széles körű és kitartó együttműködés megerősítése egy igazságos munkamegosztást igényel mind a fejlett, mind a fejlődő országokban. Nincs egy olyan képlet, ami az igazságosság összes dimenzióját magában foglalja, de a jövedelmen, történelmi kötelezettségen és az egy főre jutó kibocsátáson alapuló számítások mind-mind azt jelzik, hogy a gazdag országok kötelezettségvállalásaiból adódóan 2050-re az 1990 szinthez képest a kibocsátásaiknak 60-80%-kal kell kevesebbnek lenniük.

Az együttműködést nagyobb átláthatósággal és a nemzeti intézkedések összehasonlíthatóságával lehet ösztönözni és fenntartani.

Egy nagyjából azonos szénár kialakítása szerte a világon, valamint az intézkedés felgyorsítását szolgáló szénfinanszírozás alkalmazása a fejlődő országokban nagyon sürgős prioritásként jelentkezik a nemzetközi együttműködés területén.

Egy majdnem azonos szénár szükséges ezen csökkentések átfogó költségeinek alacsonyan tartásához, amit adóztatással, kereskedelemmel vagy szabályozással lehet elérni. A magánszektorból a fejlődő országokba irányuló technológiatranszfer meggyorsítható a nemzeti intézkedés és a nemzetközi együttműködés révén.

A Kiotói Jegyzőkönyv értékes intézményeket hozott létre a nemzetközi kibocsátáskereskedelem megerősítésére. Komoly okok vannak, amiért erre a megközelítésre építeni kell, és hogy tanulni kell belőle. Az előrelépést szolgáló módszerek felkutatása érdekében lehetőség van az UNFCCC-párbeszéd és a Kiotói Jegyzőkönyv hatásosságával foglalkozó felülvizsgálat, továbbá a nem hivatalos megbeszélések használatára.

A magánszektor kereskedelmi rendszerei jelenleg a szénfinanszírozás nemzetközi áramlásainak középpontjában vannak. A regionális és az ágazati kibocsátáskereskedelmi rendszerek összekapcsolása és kiterjesztése (ide értve a nemzeti szint alatti és az önkéntes rendszereket) nagyobb nemzetközi együttműködést és a megfelelő új intézményi lépések fejlesztését igényli.

Az EU ETS harmadik szakaszában meghozott döntések lehetőséget biztosítanak a rendszer számára, hogy befolyásolja a jövő globális szénpiacait, valamint hogy azok központjává váljon.

Az EU ETS a világ legnagyobb szénpiaca. Hogy milyen legyen a rendszer harmadik fázisának szerkezete 2012 után, az most még vita tárgya. Ez egy lehetőség egy világos, hosszú távú vízió – azaz a rendszernek a jövő globális szénpiacainak középpontjába helyezése – kialakítására.

Számos olyan elem létezik, mely hozzájárul az EU ETS hiteles víziójához. Az EU átfogó kibocsátási keretét egy olyan szinten kell megállapítani, amely biztosítja a piac szűkösségét a kibocsátási kvótákat illetően, szigorú kritériumokkal a kiosztási mennyiségre vonatkozóan az összes érintett ágazaton belül. A kereskedelmi időszak alatt a kibocsátásokról szóló világos és gyakori információk elősegíthetik a piac átláthatóságát, csökkentve ezzel a szükségtelen árrögzítések és a váratlan összeomlások kockázatát.

A jövőbeni kereskedelmi időszakokra vonatkozó kiosztás alapjait magukban foglaló világos felülvizsgálati szabályok lehetővé teszik a befektetők számára a nagyobb előreláthatóságot. Az időszakok között a kibocsátási kvóták felhalmozásának (vagy esetleges kölcsönzésének) lehetősége segíthet az árak finomításán az idő előrehaladtával.

A rendszer más nagyobb iparágakra való kiterjesztése és olyan ágazatok bevonása, mint a repülés, segítheti a piac elmélyülését, és az árverés növekvő alkalmazása javíthatja a hatékonyságot.

Lehetőséget adva arra, hogy az EU ETS a többi kialakuló kereskedelmi rendszerhez kapcsolódjék (ide értve az Egyesült Államokban és a Japánban működő rendszert), és a fejlődő országokban végrehajtott széncsökkentés felhasználását engedélyező mechanizmusok fenntartásával és fejlesztésével javulhat a likviditás, miközben a rendszer a globális szénpiac középpontjává válik.

A szénfinanszírozás áramlásainak arányos felemelése a fejlődő országok esetében a hatékony szakpolitikák és a kibocsátáscsökkentést célzó programok támogatása érdekében meggyorsíthatja az alacsony széntartalmú gazdaságra való áttérést.

A fejlődő országok már most jelentős intézkedéseket tesznek annak érdekében, hogy elválasszák gazdasági növekedésüket az üvegházgáz-kibocsátások növekedésétől.

A Kiotói Jegyzőkönyv által létrehozott tiszta fejlesztési mechanizmus jelenleg a fő hivatalos csatorna az alacsony széntartalmú beruházások támogatására a fejlődő

országokban. Lehetővé teszi mind a kormányok, mind a magánszektor számára az olyan projektekbe való beruházást, melyek csökkentik a kibocsátást a gyorsan növekvő gazdaságokban, és egy olyan utat biztosít, mely összekapcsolja a különböző regionális kibocsátáskereskedelmi rendszereket.

A jövőben a nemzetközi szénfinanszírozás áramlásának nagyságrendi átalakítására és az ezeket érintő intézményekre lesz szükség a költséghatékony kibocsátáscsökkentés elősegítése végett. A fejlődő országokban megvalósítandó alacsony széntartalmú beruházások többletköltségei valószínűleg legalább 20-30 milliárd dollárra rúgnak évente. Az ezen költségekhez nyújtott segítség nagy ugrást igényel az olyan kereskedési rendszerek, mint például az EU ETS ambíciószintjében. Ez olyan mechanizmusokat is igényel, melyek a magánszektor szénfinanszírozási mechanizmusait az egyedi projektek helyett a szakmapolitikák és a programok felé terelik. És ennek a nemzeti, regionális és ágazati kibocsátáscsökkentési célokkal összhangban kell működnie. Ezek az áramlások a fejlődő országokban nagyon fontosak a magánberuházások és a nemzeti kormányok általi intézkedések felgyorsításában.

Napjainkban vannak lehetőségek, melyek az alacsony széntartalmú fejlesztési pályákba való beruházások nagyléptékű áramlásainak létrehozása iránti bizalom kiépítésére és kikísérletezésére irányulnak. A létező kibocsátáskereskedelmi rendszerekből (beleértve az EU ETS-t) érkező korai jelzések arról, hogy milyen mértékben fogják elfogadni a fejlődő országokból származó szénkibocsátási egységeket, segíthetnek fenntartani a folyamatosságot a piac kiépítésének ezen nagyon fontos szakasza során, illetve bemutatni a lehetőségeket.

A nemzetközi pénzügyi intézmények nagyon fontos szerepet játszanak ennek a folyamatnak a meggyorsításában: A Világbank és más multilaterális fejlesztési bankok megrendelésére készített Tiszta Energia Beruházási Keret a beruházási áramlások katalizálására és fokozására kínál jelentős lehetőségeket.

A technológiai innováció és diffúzió felgyorsítására irányuló nagyobb nemzetközi együttműködés csökkenteni fogja a mitigáció költségeit.

A magánszektor az innováció és a technológiai diffúzió legnagyobb mozgatórugója a világon. De a kormányok is segíthetnek a nemzetközi együttműködés fejlesztésében az ezen a területen felmerülő akadályok leküzdésével, beleértve a hivatalos lépéseket, és azokat, melyek elősegítik a magán- és közszféra együttműködését, mint például az ázsiai és a csendes-óceáni térség partnersége. A technológiai együttműködés lehetővé teszi a technológiai fejlesztés kockázatainak, eredményeinek és fejlődésének megosztását, valamint a prioritások összehangolását.

Egy olyan globális portfolió, mely az egyéni hazai K+F prioritásokból és telepítési támogatásból ered, lehetséges, hogy nem eléggé sokrétű, és valószínűleg nem fektet elegendő hangsúlyt egyes technológiákra, melyek különösen fontosak egyes fejlődő ország esetében (ilyen például a biomassza).

A nemzetközi K+F együttműködésnek számos formája lehet. A koherens, sürgős és a széles körű intézkedés nemzetközi egyetértést és együttműködést igényel. Ezeket olyan hivatalos többoldalú egyezményekben lehet rögzíteni, melyek lehetővé teszik az országoknak, hogy összefogják a K+F területén lévő főbb beruházásokat érintő kockázatokat és eredményeket, ide értve a bemutató projekteket és a kulcsfontosságú technológiák felgyorsítását célzó nemzetközi programokat. De a hivatalos egyezmények csak egy részét képezik a történetnek – a nagyobb összehangolt tevékenységet célzó nem hivatalos egyezmények és a nemzeti programok közötti szorosabb kapcsolatok is jelentős szerepet tölthetnek be.

A telepítési támogatás nemzeti politikáinak nem hivatalos és hivatalos összehangolása is felgyorsíthatja a költségcsökkentést azzal, hogy megnövelik a határokon átnyúló új piacok méretét. Jelenleg számos ország és az Egyesült Államok tagállamai specifikus nemzeti célkitűzésekkel és szakpolitikai kerettel rendelkeznek a megújulóenergia-technológia telepítésének támogatására. Az átláthatóság és az információmegosztás már segítséget nyújtottak abban, hogy érdeklődés mutatkozzék ezen piacok iránt. A telepítést szolgáló eszközök határokon túlnyúló kereskedelmi lehetőségeinek feltárása megnövelheti a támogatás hatásosságát, beleértve azon erőforrások mobilizációját, melyek szükségesek a szénelnyelés és -tárolás széles körű telepítését felgyorsulásához, valamint azon technológiák használatának gyors ütemű növekedéséhez, melyek különösen alkalmasak a fejlődő országok számára.

A szabályozás és a termékszabványok nemzetközi összehangolása nagyon hatékony módjai a nagyobb energiahatékonyság ösztönzésének. Növelheti ezek költséghatékonyságát, erősítheti az innováció ösztönzését, fejlesztheti az átláthatóságot, és elősegítheti a nemzetközi kereskedelmet.

Az alacsony széntartalmú áruk és szolgáltatásokat érintő tarifális és nem-tarifális akadályok csökkentése (ide értve a dohai WTO-fordulón belül történteket) további lehetőségeket teremthet a kulcsfontosságú technológiák diffúziójának felgyorsítására.

Az erdőirtás megfékezése egy nagyon költséghatékony módja az üvegházgáz-kibocsátások csökkentésének.

Az erdőirtásból eredő kibocsátások nagyon jelentősek – becslések szerint a globális kibocsátás több mint 18%-át teszik ki, ez a rész nagyobb, mint amit a globális közlekedési ágazat termel.

A még meglévő természetes erdőterületek megóvását célzó intézkedések megtétele nagyon sürgető. Számos kísérleti rendszerre van szükség a nemzeti intézkedés és a nemzetközi támogatás egyesítését célzó hatékony megközelítések vizsgálata végett.

A fakitermelésre irányuló politikákat annak a nemzetnek kell kialakítania és irányítania, ahol ezek a fontos erdők találhatók. De azokat az országokat kell a nemzetközi közösségnek erősen támogatnia, amelyek a fakitermelés csökkentését célzó intézkedéseik révén hasznot termelnek. Nemzeti szinten az erdőterület tulajdonjo-

gának meghatározása és a tulajdonos, a közösségek és a favágók jogainak és kötelezettségeinek meghatározása kulcsfontosságúak a hatékony erdőgazdálkodást illetően. Ide kell érteni a helyi közösségeket, az íratlan szabályok és társadalmi szerkezetek tiszteletben tartását, a fejlesztési célokkal való együttműködést és az erdők védelme folyamatának megerősítését.

A Jelentéshez készített kutatás azt jelzi, hogy az erdővédelem lehetőségköltsége abban a nyolc országban, melyek felelősek a területhasználatból eredő kibocsátások 70%-ért, kezdetben mintegy évi 5 milliárd dollár lehet, bár az idő előrehaladtával a határköltségek emelkedhetnek.

A nemzetközi közösségtől származó kompenzációnak figyelembe kell vennie a föld alternatív hasznosításának lehetőségköltségeit, az adminisztrációs és a védelmi költségeket, valamint a politikai átmenet kezelésének kihívásait, amint a kialakított érdekek eltűnnek.

A szénpiacok hosszabb távon fontos szerepet játszhatnak hasonló ösztönzők biztosításával. De rövid távú destabilizációra irányuló kockázatok is felmerülnek a már létező erős szénpiacok megerősödési folyamatainál, ha a fakitermelés integrálására a kibocsátás-csökkentés iránti igényt erőteljesen növelő egyezmények nélkül kerül sor. Ezeknek az egyezményeknek a valószínűleg alkalmazott transzferek nagyságrendjének megértésén kell alapulnia.

A fejlődő országokban az adaptációs erőfeszítéseket nemzetközi fejlesztési segítség alkalmazásával kell gyorsítani és támogatni.

A legszegényebb fejlődő országokat sújtja legkorábban és legkeményebben az éghajlatváltozás, még akkor is, ha ezen országok járultak hozzá legkevésbé ehhez a problémához. Alacsony jövedelmük bonyolulttá teszi az adaptáció finanszírozását. A nemzetközi közösségnek kötelessége támogatni őket az éghajlatváltozás adaptációjában. Ilyen támogatás nélkül nagy a kockázata annak, hogy a fejlődési folyamat megáll.

A fejlődő országoknak saját körülményeik és törekvéseik szerint maguknak kell meghatározni az adaptációs megközelítést. A gyors növekedés és fejlődés növelni fogja az országok adaptációs képességét. Az éghajlatváltozás adaptációjának többletköltsége a fejlődő országokban több tízmilliárd dollárra is rúghat.

A kihívások nagyságrendje minden eddiginél sürgetőbbé teszi a fejlett országok számára a már meglévő kötelezettségvállalásaik (melyeket 2002-ben Monterreyben fogalmaztak meg, és melyeket 2005 júliusában az Európai Tanács és a G8-ak gleanagles-i csúcstalálkozója megerősített) megtartását, miszerint 2010-re megduplázzák a pénzügyi segélyeket.

A donoroknak és a multilaterális fejlesztési intézményeknek segélyekkel kell támogatniuk az adaptációt a fejlődő országokban. A nemzetközi közösségnek szintén támogatnia kell ezt, a globális közjavakba történő beruházásokon keresztül, beleértve az éghajlatváltozás monitoringját és előrejelzését, a regionális hatások jobb modellezését, és az aszálynak és az áradásoknak ellenálló termények kifejlesztését és termesztését.

Ezen felül erőfeszítéseket kell tenni a magán- és a közszféra partnersége kiépítésének növelésére az éghajlattal kapcsolatos biztosítások területén; a kockázatkezelés javítását szolgáló mechanizmusok megerősítésére, a felkészültségre, a katasztrófára való reagálásra és a menekültek visszahelyezésére.

A határozott és korai mitigáció kulcsfontosságú szerepet játszik az adaptáció hosszú távú költségeinek korlátozásában. Enélkül az adaptáció költsége drámaian megnövekszik.

Az együttes intézkedés kiépítése és fenntartása egy sürgős kihívás napjainkban.

Bármely együttes intézkedés kulcseleme magában foglalja az éghajlatváltozással kapcsolatos hosszú távú cél széles körű elfogadásának fejlesztését, az együttműködést szolgáló hatékony intézmények kiépítését, az irányítás bemutatását és a mások iránti bizalom kiépítésén való munkálkodást.

A légkörben található üvegházgázok koncentrációjának stabilizációját szolgáló hosszú távú célokat illetően megfogalmazott világos, átlátható perspektíva nélkül nagyon valószínűtlen, hogy az intézkedés elegendő lesz a cél elérésére.

Az intézkedésnek tartalmaznia kell a mitigációt, az innovációt és az adaptációt. Számos lehetőség kínálkozik ezek elkezdésére, ott is, ahol azonnali haszonnal járnak, és ott, ahol sok nagyléptékű kísérleti program értékes tapasztalatokat hoz létre. És már elkezdtük az együttműködés megerősítését célzó intézmények kialakítását.

Kihívásként van jelen az összes releváns intézkedésben való részvétel megerősítése és fokozása – beleértve a szén árának és piacainak kialakítását, az alacsony széntartalmú technológiák innovációjának és telepítésének meggyorsítását, a területhasználatból származó kibocsátások visszaszorítását és a szegény országoknak az éghajlatváltozás legkellemetlenebb hatásaihoz való alkalmazkodásának segítését célzó együttműködést.

Még mindig nem késő elkerülni az éghajlatváltozás legkellemetlenebb hatásait, ha most határozott együttes intézkedés megtételére kerül sor.

Ez a Jelentés a kockázat és a bizonytalanság közgazdaságtanára összpontosított, felhasználva a gazdasági eszközök széles skáláját annak érdekében, hogy megküzdjön egy komoly, hosszú távú következményekkel járó globális probléma kihívásaival. Sokkal több munkára van szükség tudósok és közgazdászok részéről is az analitikai kihívások leküzdésére, valamint a bizonytalanságok megoldásához. Az azonban már most teljesen egyértelmű, hogy az éghajlatváltozással szembeni tétlenség gazdasági kockázata nagyon komoly.

Az éghajlatváltozással járó kockázatok csökkentésére különböző módszerek vannak. A megfelelő ösztönzésre a magánszektor válaszolni fog, és szállítani fogja a megoldásokat. A légkörben lévő üvegházgáz-koncentráció stabilizációja jelentős, de kezelhető költségek mellett megvalósítható.

A szakmapolitikának vannak eszközei olyan ösztönzők kialakítására, melyek szükségesek a beruházási minták megváltoztatásához és a globális gazdaságnak az

alacsony széntartalmú görbe felé való elmozdításához. Ezt párhuzamosan kell végrehajtani az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó határozott intézkedéssel, ami nem halogatható tovább.

## MEGOLDÁS AZ ADAPTÁCIÓ – VAGYIS AZ ALTERNATÍV ENERGIA

Az energiapolitika időhorizontján a műszaki-tudományos haladás jelentős új, gazdaságos megoldásokat hozhat az energiatermelési, az átalakítási, az elosztási és a felhasználási technológiában. A versenyképesség fenntartása, javítása érdekében célul kell kitűzni, hogy ezek az új technikai eredmények a magyar energetikában minél előbb alkalmazásra kerüljenek. Elavult, használt berendezések támogatása nem indokolt.

A hazai kutatás-fejlesztés jelentős változáson ment keresztül az utóbbi 15 évben. Az állami pénzügyi támogatás visszaesett, s egyidejűleg nem növekedett a vállalkozási szféra által finanszírozott K+F tevékenység. A GDP-ből kutatásra-fejlesztésre fordított részarány drasztikusan visszaesett, ma kb. 1%, mintegy fele az Európai Unió tagországaira jellemző átlagnak. Módosult a pénzügyi finanszírozás formája, előtérbe került a pályázati rendszer, az utóbbi időben pedig — elsősorban az Európai Unió által finanszírozott kutatások esetében — az eredményorientált projektfinanszírozás.

A nagy energetikai társaságoknál a fejlesztések elsősorban az üzleti tevékenység korszerűsítésére irányultak. Technológiai területen a mérés- és irányítástechnika kapott prioritást a folyamatok ellenőrzése és az elszámolások megalapozása érdekében. Az erőműveknél megmaradt technológiai célú K+F tevékenységben a környezet- és természetvédelmi előírások szigorodásával összefüggő munkák váltak jelentőssé.

Alapvető célnak kell tekinteni Magyarországon a tudásalapú társadalom kialakítását. Ezen belül lényeges elem a kutatás-fejlesztés, az innováció. Ennek tudatában, az energetikában is megkülönböztetett figyelemmel kell kezelni a hazai tudásbázis fejlesztését, a hazai tudományos és műszaki ismeretek bővítését, a korszerű energetikai technológiák elterjesztését, és az ezekkel összefüggő kutatások fokozását, az innovációs és technológiai kapcsolatok, együttműködések erősítését. A nemzetközi versenyben az egyes országok versenyképessége, jóléte és a fenntartható fejlődés esélye elsősorban a társadalom és a gazdaság innovatív képességén, tudásán, rugalmasságán és tanulási, együttműködési képességén múlik.

A hatékonyabb energiafelhasználás és az ellátás biztonságának javítása érdekében ösztönözni kell a korszerű, hatékony keresletirányítási eszközök (DSM: Demand Side Management) kifejlesztését és alkalmazását, amivel csökkenteni lehet a csúcs és völgyidőszakok közötti különbségeket, úgy a nappali, mint az éjszakai, illetve a hétköznapi és hétvégi, valamint a tél és nyári időszakok között.

A szigorodó környezet-, természet- és klímavédelmi előírások, amellett, hogy külső adottságként és követelményrendszerként meghatározzák az energiapolitika mozgásterét, új lehetőségeket is biztosíthatnak a magyar gazdaság versenyképességének javítására. Az Európai Tanács 2007. évi tavaszi ülése által elfogadott célkitűzések, különös tekintettel a 2020-ra vonatkozó 20%-os relatív energia-megtakarításra, a 20%-os megújuló energiaforrás részarányra, növekvő felvevőpiacot teremtenek a korszerű, energia-hatékony, valamint a megújuló energiaforrásokat felhasználó gépek, berendezések és komplett műszaki rendszerek számára. Ez piaci lehetőségeket nyithat meg a hazai környezeti ipar számára is, különös tekintettel a kisebb részegységek hazai gyártására és beszállítói tevékenységekre, ezért támogatni kell a technológiafejlesztéseket és K+F tevékenységeket a környezeti iparban, valamint a magyar iparpolitikának meg kell találni a hazai gyártók és exportőrök részére a megfelelően kiaknázható piaci réseket.

Az Európai Uniós tagság előnyös helyzetet jelent Magyarország számára az energetikai kutatás és fejlesztés területén. Az országnak lehetősége van és érdeke is bekapcsolódni a közös EU kutatási, fejlesztési programokba. Az uniós projektek a közvetlen eredmények mellett lehetővé teszik a hazai energetikai kutatás nemzetközi beágyazódását, a hazai kutatók számára a legkorszerűbb technikai eszközök megismerését, beszerzését, továbbá módszertani és hatékony szervezeti ismeretek elsajátítását biztosítják. Az Európai Uniónak segítséget kell nyújtania az európai szinten koordinált energetikai kutatásban és technológiai fejlesztésben való részvétel feltételeinek megteremtéséhez.

**Az Európai Unió kutatási-fejlesztési prioritásai:**

- energiahatékonyságot növelő fejlesztések;
- megújuló energiaforrások fokozottabb felhasználását elősegítő K+F munka, környezetszennyezést csökkentő kutatások (pl. tisztaszén-technológiák fejlesztése);
- hidrogéngazdálkodással összefüggő és fúziós, valamint a 4. generációs atomerőművek megteremtésével kapcsolatos, nemzetközileg koordinált kutatások;
- második generációs bioüzemanyagok kutatása, kifejlesztése;
- a hagyományos víztározós rendszertől eltérő egyéb alternatív energiatárolási rendszerek kifejlesztése;
- széndioxid megkötési és tárolási technikák (CCS) alkalmazásának fejlesztése, amelyek a fenntartható fosszilis tüzelőanyag-alapú energiatermelést segítik elő;
- az egyes energiatermelési lehetőségek természetre gyakorolt hatásainak vizsgálata;
- természetvédelmi kockázatelemzések;
- az egyes energiaforrások természet-terhelésének vizsgálata;
- azon területek feltárása, amelyek bevonhatók az energetikai célú hasznosításba, úgy hogy ne növekedjen a természet terhelése.

Az Európai Unió hangsúlyt fektet a K+F tevékenység pénzügyi feltételeinek javítására, és azt a célt tűzte ki, hogy 2010-re a ráfordítások mértéke érje el a GDP 3%-át, és ennek kétharmada vállalkozási forrásokból származzon.

Következtetés: Rövid és középtávon meg kell teremteni, és folyamatosan fenn kell tartani azokat a szervezeti, intézményi, szervezési, pénzügyi és jogi feltételeket, illetve eszközöket, amelyek lehetővé teszik a hazai energetikai kutatás, fejlesztés és oktatás magas szintű folytatását.

# ELSŐ VÁLASZ:
# HULLADÉKBÓL ENERGIA

## KIINDULÁSI PONTOK

Felméréseink szerint a magyar átlagpolgár évente mintegy 500 kg hulladékot termel. Magyarországon a lerakással ártalmatlanított cca. 110 millió tonna hulladékból évente szén-dioxid-egyenértékben kifejezve GWP ≈ 100 millió tonna üvegházhatású gáz keletkezik. Ez a gázmennyiség nagymértékben hozzájárul a Föld környezeti állapotának további romlásához.

Az évente lerakott 110 millió tonna hulladékunk térfogata kb. 50 db gízai Nagy Piramis méretével egyezik meg. Ennek a hulladéknak energiatartalma ≈ 850 millió GJ. Ez az energiatartalom 20 Mtoe-nek (Million Tonnes of Oil Equivalent) felel meg. Valójában egy tonna hulladék energiája cca. 300 liter olaj energiájával egyenértékű.

Továbbá nem szabad figyelem nélkül hagyni azt a tényt sem, hogy az utóbbi években 100 milliárd EUR-ból megépített hulladék depóniák 2011-ig megtelnek.

A hulladékok energetikai hasznosítása a fenti gondolatmenetből adódóan egyaránt hozzájárulhat a Föld globális felmelegedésének csökkenéséhez.

Az EU-ban jelenleg 450 hulladék-megsemmisítő üzem van. Ezek évente 3 millió tonna hulladékot égetnek el, 30 millió MW villamos energiát termelnek és 27 millió lakos igényét elégetik ki. Továbbá ezekben az erőművekben 70 millió MW hőenergiát is termelnek, mely 15 millió lakos igényét elégíti ki.

Magyarországon ma 20 hulladék-megsemmisítéssel foglalkozó erőmű van. Ezek 600 ezer tonna hulladékot semmisítenek meg.

Jelen pillanatban engedélyezési fázisban van a visontai hulladék-erőmű, melynek kapacitása évi 100 ezer tonna, a beruházás értéke 20 milliárd Ft. Ez az erőmű 200 ezer tonna német hulladék (műanyag és papír) megsemmisítésére kötött szerződést. Az átvételi ár 40 EUR a németországi 200 EUR helyett. A magyar kommunális hulladékot 20 EUR áron fogadják be.

Az utóbbi években hulladékégető művek új generációja jelent meg világszerte és hazánkban is az elmúlt néhány esztendőben. Az új égetők a pirolízis, elgázosítás és plazmatechnológia néven váltak ismertté.

Az új technológiát gyakran zéró emissziósnak, szennyezés-mentesnek nevezik, amely a hulladékból energiát és üzemanyagot állít elő. Gyakran kapja meg a technológia terjesztőjétől a klíma- és környezetbarát jelzőt is.

Mérlegelve a geotermikus, napcellás és pirolízises technológiák mai fejlettségi szintjét kijelenthetjük, hogy mindegyik csak hőenergiatermelésre alkalmas, de elektromos energiatermelésre nem rentábilisak. Az alternatív energiák közül elektromos energiatermelésre egyedül a plazmatechnológia jöhet számításba.

## HULLADÉKMEGSEMMISÍTŐK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

### Bevezetés

Hulladékégető művek új generációja jelent meg világszerte és hazánkban is az elmúlt néhány esztendőben. Az új égetők a pirolízis, elgázosítás és plazma-technológia néven váltak ismertté. Noha jelenleg is számos ilyen üzem áll környezetvédelmi engedélyezés alatt hazánkban, ezekről az új technológiájú égető művekről alig tudunk valamit. Kevés információ áll rendelkezésünkre a környezeti hatások kapcsán és nem világos az sem, hogy az új technológia mennyivel jobb, mint a hagyományos hulladékégetés. Az új technológiát gyakran zéró emissziósnak, szennyezés-mentesnek nevezik, amely a hulladékból energiát és üzemanyagot állít elő. Gyakran kapja meg a technológia terjesztőjétől a klíma- és környezetbarát jelzőt is. Jelen kiadványunk célja, hogy rövid áttekintést adjon az új termikus hulladékkezelési technológiákról, elsősorban oly módon, hogy összehasonlítjuk azokat a hulladékok égetésével. Tanulmányukban nem vagy csak érintőlegesen foglalkozunk az egyéb hulladékkezelési megoldásokkal, mivel elsődleges célunk az égetés és az új technológiák összehasonlítása. Ám meggyőződésünk, hogy a hulladék keletkezésének megelőzése, az újrahasznált, az újrahasznosítás és összefoglaló nevén a nulla hulladék vagy zéró waste koncepció jelenti a valódi lehetséges megoldást a hulladékprobléma kezelésére.

### A Technológia

Legelőször is fontos leszögezni, hogy az új termikus hulladékkezelési eljárások jogi értelemben hulladékégetőknek minősülnek. Noha a technológia forgalmazói rendre kerülik a pejoratív hulladékégetés szót és helyette számos egyéb jelzővel illetik a technológiát, a hazai jogi szabályozás szerint az új termikus eljárások hulladékégető műveknek minősülnek. A 3/2002 KöM rendelet, amely a hulladékégetés kérdéskörét szabályozza, az alábbiakban definiálja a fogalmat: „hulladékégető mű (égetőmű): minden olyan - helyhez kötött vagy mobil - műszaki létesítmény és hozzátartozó felszerelés, amely a hulladékok, hulladékgázok égetésére létesült, vagy arra használják, és az égetéskor keletkező hőt hasznosítják, vagy nem hasznosítják. Ide kell érteni a hulladék oxidációjával történő égetést és az egyéb termikus kezelési eljárásokat, például a pirolízist, az elgázosítást vagy a plazmaeljárásokat, amennyiben a kezelés során keletkező anyagokat azt követően elégetik."

A jogszabály szövegéből egyértelműen látszik, hogy a pirolízis, az elgázosítás és a plazma eljárás is hulladékégető műnek minősül és annak is neveztetik. A jogharmonizációnak köszönhetően természetesen hasonló a helyzet az unióban is, ahol szinte szó szerint azonos megfogalmazásban szintén égetőműnek neveztetik mindhárom technológia (Office Journal, 2000). És érdemes megjegyezni, hogy hasonló a helyzet az Egyesült Államokban is (USEPA 2008b).

A hulladékégetésnek számtalan technológiai megoldása van, itt mi elsősorban a pirolízisre és az elgázosításra koncentrálunk, megemlékezve a plazma-technológiáról is. Mindhárom technológia megegyezik abban a hagyományos égetéssel, hogy a fölöslegessé vált anyagokat szilárd és folyékony maradékanyagokká, valamint gáz emissziókká alakítja, miközben hőt fejleszt, amely villamos áram előállítására is alkalmas. Számottevő kü-

lönbség azonban, hogy míg az égetés során egy kamrában oxigén jelenlétében történik az égetés, addig az új technológiáknál egy oxigénmentes vagy szegény kamrában hevítik a hulladékot, majd egy másik kamrában elégetik a keletkező gázokat.

A pirolízis akárcsak a hagyományos hulladékégetés a termikus eljárások közé tartozik, ahol magas hőmérsékletet alkalmaznak a hulladék lebontására. Ugyanakkor mégsem tekinthető teljesen azonosnak az égetéssel. Az égetéshez ugyanis három dolog szükséges, úgymint éghető anyag (itt hulladék), oxidáló (itt levegő) és hő. A pirolízisnél is jelen van a hő és az éghető anyag, ami a különbséget jelenti, az az oxigén hiánya. A valóságban, valamennyi oxigén jelen van az eljárásban, hiszen a hulladék maga is tartalmaz oxigént, ezért van szén-monoxid, kén-oxid és nitrogén-oxid és dioxin-furán kibocsátás, de elméletileg lényegesen alacsonyabb, mint a hagyományos égetési eljárások során. A pirolízis abban is különbözik az égetéstől, hogy míg ez utóbbi exoterm folyamat, azaz hőt termel, addig a pirolízis endoterm folyamat, azaz hő bevitelét igényel a folyamat fenntartásához. A pirolízis során, a különböző kémiai reakciók eredményeként számos vegyület jön létre, például hidrogén és metán, amely közül számos tüzelőanyagként hasznosítható. (Jorge 2001).

Ellentétben tehát a jogi értelmezéssel, műszaki értelemben a pirolízis üzem nem tekinthető hulladék „égetőnek", azonban a jog ezzel szembe helyezkedik. Ennek részben az is lehet az oka, hogy a pirolízis üzem szintén termikus eljárás, kibocsátásai, környezeti-társadalmi-gazdasági hatásai közel azonosak a hagyományos égetőkéhez.

Az egyes új termikus eljárások között a fő különbség az alkalmazott hőmérséklet és a bevitt oxigén mennyiségén alapszik. Ha durván definiálni akarnánk a három különböző eljárást az alábbi módon tehetnénk meg:

Az elgázosítás az anyagok gyors hőbontásán alapszik parciális oxidációval kis mennyiségű oxigén vagy levegő hozzáadása mellett. Az átlagos hőmérséklet jellemzően 750 C fok felett van.

A pirolízis szintén az anyagok gyors hőbontásán alapszik, oxigén vagy levegő hozzáadása nélkül (ugyanakkor természetesen a hulladék maga tartalmaz oxigént). A hőmérséklet 250-700 C fok között alakul.

A Plazma-eljárás szintén az anyagok gyors hőbontásán alapszik parciális oxidációval kis mennyiségű oxigén vagy levegő hozzáadása mellett. Ez a technológia villamos áramot és magas hőt (1000-4500 C fok) alkalmaz. Ezt az eljárást gyakran az elgázosítás egy speciális esetének tekintik.

Általánosságban elmondható, hogy míg a pirolízis oxigénmentes környezetben működik, addig az elgázosításnál az oxigén jelen van. A keletkező gázok mellett piroolaj és pirokoksz is keletkezik, míg az elgázosításánál gáznemű anyagok mellett inkább a szilárd maradékanyag jellemzőbb. A magas hőmérsékletű elgázosításnál vagy plazma-elgázosításnál jellemzően üvegesített salak marad hátra.

**Hogyan működik?**

A hőbontás (pirolízis) a szerves anyagú hulladék megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben – esetleg inert gáz (pl. nitrogén) bevezetés közben – szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása. (Barótfi 2000). A folyamat végeredményeként általában folyékony végtermék (ún. pirolízis olaj) és/vagy gáznemű végtermék (ún. pirolízis gáz) és/vagy szilárd végtermék (pirolízis koksz/salak) keletkezik. Az, hogy a három fő végtermékből melyik és milyen arányban képződik az nagyban függ az adott technológiai eljárástól (Barótfi 2000). A keletkező (szintézis)gáz használatára négy fő módszer létezik:

- a második kamrában elégetik a kezeletlen gázt és a hőt hasznosítják
- a gázt lehűtik és tisztítják és gázmotorban vagy turbinában égetik el.
- a gázt egy másik erőműben együtt égetik
- vegyiparban hasznosítják (Fictner 2004)

A pirolízis általában 300-800 Celsius fokon megy végbe. Fontos tudni, hogy a hagyományos égetőkkel ellentétben ez a mód energiát igényel, azaz a reaktort fűteni kell.

A legtöbb pirolízis és elgázosítási eljárás négy lépcsőből áll:

- a hulladék előkészítése, a kalóriaértékkel nem bíró anyagok kiszelektálása
- a hulladék hevítése oxigénmentes környezetben, ahol a szénvegyületek gázfázisba mennek át, amely jelentős része elpárolog, gáz halmazállapotba megy át
- a gáz tisztítása egy utóégető kamrában magasabb hőmérsékleten
- a gázból elektromos áram, vagy egyes esetekben hő előállítása

Pirolízis vagy elgázosítás?

A hőbontásos eljárás egy speciális típusát jelentik az elgázosítási eljárások. Ez abban különbözik a fent leírt pirolízistől, hogy itt magasabb hőmérsékleten (min 750 C foktól akár 1600C fokig) és segédanyagok jelenlétében (oxigén, vízgőz, levegő) történik a hőbontás (Barótfi 2000). Az oxigén bár jelen van, de mennyisége nem elegendő a teljes oxidációhoz. Jellemző végterméke a szintézis gáz, amelynek fő égethető összetevői a metán, a szén-monoxid és a hidrogén. A szintézis gáz kalóriaértéke lényegesen alatta marad a földgázénak. A gáznemű végtermék mellett szilárd maradékanyag képződésével is számolhatunk. Tipikus elgázosítási eljárású üzem a Thermoselect-technológiája.

Az új termikus technológiák mellett általában az alábbi érveket szokták felhozni:

- a kisebb oxigén-használat miatt kevesebb az emisszió;
- az üzem végtermékei (szintézis gáz, olaj, koksz, stb.) sokkal hasznosabbak, mint a hagyományos égetőké, hiszen tüzelőanyagként, ill. a vegyiparban hasznosítható;

- az üzem modulokból épül fel, ha nő vagy csökken a hulladékáram a modulok miatt sokkal rugalmasabban tud reagálni a változásra (egy modul bezárásával vagy hozzáépítésével);
- az itt termelt energia fosszilis tüzelőanyagokat vált ki (ez az érvelés a hagyományos égetőknél is megjelenik)

A pirolízis üzemekkel szemben az alábbi érveket szokták felhozni:

- a füstgáz és a salakmaradék hasonló a hagyományos égetőkéhez;
- az üzem olyan hulladékokat igényel a hatékony működéshez (papír, fa, ételmaradékok), amelyek éppen a komposztálás legjobb alapanyagai;
- az újrahasznosítás több munkahelyet teremt;
- a hulladékok újrahasznosításával több energiát takarítunk meg, mint amennyit a pirolízis során nyerünk;
- a szintézis gáz, olaj felhasználása komoly emisszióval jár a hagyományos égetőkkel szemben;
- a pirolízis viszonylag új technológia, nem bizonyított és sok a nem üzemszerű működés. A kibocsátásokkor gyakran a próba és referenciaüzemek eredményeit extrapolálják, ami nem biztos, hogy a valódi helyzetet mutatja.

**A hulladékégetők és az új termikus technológiák környezetterhelésének összehasonlítása**

Az új termikus technológiákat a gyártó, forgalmazó cégek gyakran úgy mutatják be, mint olyan technológiákat, amelyek esetében nem kell semmiféle környezeti kibocsátással számolnunk. Teljesen zárt technológiáról beszélnek, zérus kibocsátással. A pirolízist, elgázosítást, plazma technológiát sokszor a hulladékégetőkkel szemben próbálják meg definiálni, és hangsúlyozzák az égetők légszennyező anyag kibocsátását, és az új technológiák szennyezés mentességét. Az alábbiak illusztrálására bemutatunk néhány hazai példát: „Az általunk ajánlott, szabadalommal védett innovatív amerikai technológia lényege az alapanyag teljesen zárt technológiai rendszerben zajló magas hőmérsékletű, oxigénszegény környezetben történő pirolitikus gázosítása és a keletkezett gázok égetőkemencében történő másodlagos kiégetéses tisztítása. Ennek köszönhetően a légszennyező és fertőző anyag kibocsátás elkerülhető (Ebpower, 2009). „A pirolízis régóta ismert és méltán elismert eljárás, amely mutatóit tekintve minden esetben jobb és előnyösebb, mint az égetés. Amint az érzékelhető, zárt technológiáról van szó. A technológia sajátosságainak köszönhetően károsanyag kibocsátásról nem, vagy csak a törvényi szint minimumának tört részét elérő mennyiségben beszélhetünk."(NewEnergy, 2009). „A hőbontás légszennyező hatása jelentősen kisebb, mint a hulladékégetésé. Kijelenthetjük, hogy a légkörbe egészséget veszélyeztető mennyiségű anyagok nem kerülnek, és rákkeltő anyagot nem tartalmaznak" (D& T Architect, 2009)

A példák felsorolását természetesen lehetne folytatni, ám talán ennyi is elegendő annak illusztrálására, hogy a technológia terjesztésében érdekelt vállalkozások milyen módon mutatják be az eljárást és annak környezetre gyakorolt hatását. Egyértelmű, hogy két nagyon fontos eleme van a leírásoknak. Az egyik, hogy nincs vagy elenyésző a kibocsátás, míg a másik az, hogy a kibocsátás mindenképpen lényegesen kevesebb, mint a hulladékégetőké. Az alábbiakban ennek a két állításnak a valóságtartalmát vizsgáljuk meg.

Ezen a téren az első és legfontosabb dokumentum az Európai Bizottság hulladékégetőkre vonatkozó IPPC BAT referencia dokumentuma, amely így fogalmaz a kérdésben: "Az ilyen létesítmények [pirolizálók és elgázosítók] égetési szakaszából a levegőbe történő kibocsátások BAT-hoz kapcsolódó szintjei megegyeznek a hulladékégető létesítményekre megállapított kibocsátási szintekkel."(Európai Bizottság, 2005). Az emissziók jellegét a Tellus Intézet a Massachussettsi Környezetvédelmi Hivatal számára készült tanulmányában az alábbiak szerint határozta meg: "A pirolízis kis mennyiségű légszennyező anyagot bocsát ki, amelyben szilárd részecskék, illékony szerves vegyületek, dioxinok, kén-dioxid, HCl, higany és furánok találhatóak (Az emissziók lényegében hasonlóak a hagyományos égetők kibocsátásához)" (Tellus, 2008). Az elgázosítás során az alábbi légszennyező anyagok távozásával kell számolnunk az EPA emissziós faktorai alapján: "szén-monoxid, széndioxid, részecskék, kén-dioxid, nitrogén-oxidok, HCl, higany, nikkel, króm, ólom, kadmium, arzén, PCDD/PCDF" (USEPA 2009). Már ebből a néhány forrásból is kitűnik, hogy az új termikus technológiákból származó légszennyező anyag kibocsátások jellegüket tekintve hasonlóak a hagyományos égetők kibocsátásához.

Noha a légszennyező anyagok jellege azonos, sokkal érdekesebb kérdés azok mennyisége, vagyis, hogy a pirolízis és egyéb üzemek valóban alacsonyabb kibocsátással rendelkeznek-e? Az alább látható táblázatban összefoglaltuk több forrás alapján a hagyományos égetők és néhány konkrét pirolízis, illetve elgázosító üzem kibocsátási adatát. (Fichtner 2004, Dominic H. 2007, RPS-MCOS 2005)

A fenti adatok alapján a két technológia közötti lényegi különbséget nemigen lehet felfedezni. Az új technológiák talán a szén-monoxid és a nitrogén-oxid kibocsátásban mutatnak kedvezőbb adatokat. A nehézfémek kisebb kibocsátása annak köszönhető, hogy az alacsonyabb hőmérséklet miatt azok kevésbé párolognak. Ugyanakkor emiatt a salakban nagyobb lesz a nehézfém koncentráció. A fenti adatoknak némileg ellentmond a Kaliforniában működő pirolízis referenciaüzem, valamint az államban működő hulladékégetők emisszióinak összehasonlítása. A California South Coast Air Quality Management District által mért adatok alapján a pirolízis üzem számottevően több illékony szerves vegyületet, dioxint és szilárd részecskét bocsát ki, mint a hagyományos égetők (Chen J.,2006).

A dioxinok és furánok a hulladékégetés legkritikusabb vegyületei. Az új termikus technológia gyártói gyakran azt állítják, hogy az általuk alkalmazott technológia során nincs PCDD/PCDF kibocsátás. Így például a Sajóbábony-

ba tervezett pirolízis és energiatermelő üzem összevont engedélyezési dokumentációjában egyetlen szó sem esik az üzem dioxin és nehézfém kibocsátásáról. A Journal of Appliedand Analytical Pyrolysisc. folyóirat 2009. évi számában megjelent tanulmány szerint a PCDD/PCDF keletkezés mind az égetésnél, mind a pirolízis során jelen van, sőt a pirolízis esetében a teljes toxicitás még jelentősebb is lehet (J.A Conesa et al., 2009). A Chemosphere-ban megjelent 2001. évi tanulmány szerint a pirolízis során már a 2%-os oxigéntartalom mellett is jelentős volt a PCDD/PCDF keletkezés.

Az új termikus hulladékkezelési eljárások egyik speciális kérdése a keletkező végtermékekből (gázok, olajok, mint tüzelőanyagok) származó emissziók. Egyrészt az így keletkező tüzelőanyagokat gyakran más helyen és más technológiával használják fel, amelynek emissziós határértékei gyakran sokkal lazábbak, mint a hulladékégetőké. Így például az égetőkre vonatkozó nitrogén oxidok kibocsátási határértéke 200 mg/Nm3, ugyanez a dízelmotorokra 2000 mg/Nm3. Hazánkban a Sajóbábonyba tervezett pirolízis üzemben keletkező piroolajat kívánták ugyanazon a helyen dízelmotorokban felhasználni. Mivel a dízelmotorokra sokkal enyhébb a kibocsátási határérték, ezért az ilyen módon keletkező energia lényegesen nagyobb levegőterheléssel járt volna, mintha az energiát egy hagyományos hulladékégetőben termelték volna meg (gőz + villamos energia), mivel ott a kibocsátásokra kizárólag a szigorú határértékek vonatkoznak.

További érdekes kérdés, hogy a keletkező végtermeknek mi is pontosan az összetétele, félő ugyanis, hogy a piroolajok toxikus anyagtartalma, (pl. nehézfémek) lényegesen magasabb, mint az általa kiváltott tüzelőanyagoké, így az ezek elégetéséből származó levegőterhelés is kritikusabb. Az Egyesület Királyságban a pirolízisüzemben előállított szintézisgázt felhasználó gázmotor kibocsátásainak, az égetőkre vonatkozó kibocsátásoknak kell megfelelni (Fichtner, 2004). E tekintetben két gyártó, a Thermo-select, illetve a GEM teszt adatai ismertek (Fichtner, 2004), ezek alapján úgy tűnik, hogy a szintézisgázzal működő gázmotorok nem tudják teljesíteni a hulladékégetőkre vonatkozó határértékeket nitrogén-oxidok és szén-monoxid tekintetében sem.

Itt jegyeznénk meg, hogy egy összefoglaló tanulmány szerzője e kérdésben kifejti, hogy nem ismer olyan új termikus technológián alapuló üzemet, ahol a keletkező folyékony üzemanyagot kereskedelmi léptékben hasznosítanák. (David C., 2009). Ez jól mutatja a technológia kiforratlanságát.

Fontos azt is megemlíteni, hogy a tapasztalatok alapján, noha több ízben a pirolízis-üzemek napi átlagkibocsátásai jobbak, mint az égetőké, azonban a rövid idejű kibocsátások sokkal szélesebb skálán mozognak, ezért ezekre fokozott figyelmet kell fordítani az ilyen üzemeknél.

A fentiek alapján az új termikus technológiák környezeti hatásait igen nagy óvatossággal kell kezelni. A légköri emissziók a rendelkezésre álló adatok alapján nem kedvezőbbek, mint a hulladékégetésé.

**Az égetők és az új termikus technológiák üzemeltetésének tapasztalatai**

A hulladékok pirolízise, elgázosítása viszonylag új technológia, szemben a hulladékok égetésével, amely szinte már egy évszázados múltra tekint vissza (ipari méretekben történő alkalmazása ennél természetesen rövidebb időtávval rendelkezik). Az új termikus technológiák gyártói az általuk népszerűsített megoldást gyakran mint kiforrott, kipróbált technológiát mutatják be. Ennek illusztrálására álljon itt néhány példa:

*„A pirolízis régóta ismert és méltán elismert eljárás...”(NewEnergy 2009)*

*„MES have delivered three plants in Japan, which are all operating successfully” (A Mitsui Engineering and Shipbuilding Ltd (MES) ezidáig három üzemét telepítette Japánba, amelyek mind sikeresen üzemelnek) (Mitsui, 2005)*

*„[[Thermoselect]Existing operational experience: 100 (on a scale of 100)” (A [Thermoselect] eddigi működési tapasztalata 100 pontot ér egy 100 pontos skálán) (URS , 2005)*

Természetesen a sor folytatható lenne hazai és nemzetközi példákkal is. (A fenti mondatok kapcsán csupán annyit jegyeznénk meg, hogy a pirolízis valóban régóta ismert eljárás, ám hulladékkezelésre nem régóta használják. A MES a Siemens R-21-es sikertelen pirolízis technológiáját vette át, a Thermoselect esetében pedig nagyon komoly üzemzavarok voltak, a németországi üzemet a technológiai problémák miatt be is kellett zárni.)

Itt természetesen nem az a célunk, hogy egyes kiragadott mondatok állításait cáfoljuk. Célunk annak megvizsgálása, hogy azon állítás, mely szerint az új termikus technológiák megbízhatóak, valósnak tekinthető-e az eddigi tapasztalatok függvényében, illetve megbízhatósága összemérhető-e a hagyományos égetőkével.

Első lépésként bemutatjuk a világszerte működő jelentősebb pirolízis és elgázosító üzemeket, azok üzembe állításának évével és a technológia gyártójával egyetemben (Theodore, 2007, Fichtner, 2004).

| Helyszín | Technológia | Üzemkezdet | Kapacitás |
|---|---|---|---|
| SVZ, Németország | Envirotherm | 2001 | 275.000 TPY |
| Ibaraki, Japan | Nippon Steel | 1980 | 500 TPD |
| Aomori, Japán | Ebara | 2001 | 500 TPD |
| Kawaguchi, Japán | Ebara | 2002 | 475 TPD |
| Akita, Japán | Nippon Steel | 2002 | 440 TPD |
| Oit, Japán | Nippon Steel | 2003 | 428 TPD |
| Chiba, Japán | Thermoselect/JFE | 2001 | 330 TPD |
| Ibaraki #2, Japán | Nippon Steel | 1996 | 332 TPD |
| Ulashinai City, Japán | Hitachi Metals | x | 300 TPD |
| Kagawa, Japán | Hitachi Zosen | 2004 | 300 TPD |
| Nagareyama, Japán | Ebara | 2004 | 229 TPD |
| Narashino City, Japán | Nippon Steel | 2002 | 222 TPD |
| Itoshima-Kumiai, Japán | Nippon Steel | 2000 | 220 TPD |
| Kazusa, Japán | Nippon Steel | 2002 | 220 TPD |
| Ube City, Japán | Ebara | 2002 | 218 TPD |
| Sakata, Japán | Ebara | 2002 | 217 TPD |
| Kagawatobu-Kumiai, Japán | Nippon Steel | 1997 | 216 TPD |
| Lizuka City, Japán | Nippon Steel | 1998 | 198 TPD |
| Tajimi City, Japán | Nippon Steel | 2003 | 188 TPD |
| Chuno Union, Japán | Ebara | 2003 | 186 TPd |
| Genkai Envir. Union, Japán | Nippon Steel | 2003 | 176 TPD |
| Iabarki #3, Japán | Nippon Steel | 1999 | 166 TPD |
| Ishikawa, Japán | Hitachi-Zosen | 2003 | 160 TPD |
| Kocki West Envir, Japán | Nippon Steel | 2002 | 154 TPD |
| Nara, Japán | Hitachi-Zosen | 2001 | 150 TPD |
| Tokoyama Union, Japán | Nippon Steel | 2003 | 144 TPD |
| Mutsu, Japán | Thermoselect/JFE | 2003 | 140 TPD |
| Minami-Shinshu, Japán | Ebara | 2003 | 155 TPD |
| Iryu-Kumiai, Japán | Nippon Steel | 1997 | 132 TPD |
| Maki-Machi-Kumiai, Japán | Nippon Steel | 2002 | 132 -td |
| Kamaishi, Japán | Nippon Steel | 1979 | 110 TPD |
| Takizawa, Japán | Nippon Steel | 2002 | 110 TPD |
| Seino Waste, Japán | Nippon Steel | 2004 | 99 TPD |
| Kameyama, Japán | Nippon Steel | 2000 | 88 TPD |
| Nagasaki, Japán | Hitachi-Zosen | 2003 | 58 TPD |
| Aalen, Németország | PKA | 2001 | 27000 TPY |
| Gifu, Japán | Hitachi-Zosen | 1998 | 33 TPD |
| Avonmouth, Nagy-Britannia | Compact Power | 2002 | 9000 TPY |
| Toyohashi City, Japán | Mitsiu Babcock | 2002 | 440 TPD |
| Hamm, Németország | Techtrade | 2002 | 353 TPD |
| Koga Seibu, Japán | Mitsiu Babcock | 2003 | 286 TPD |
| Yame Seibu, Japán | Mitsiu Babcock | 2000 | 242 TPD |
| Izumo, Japán | Thidde/Hitachi | 2003 | 70000 TPY |
| Nishi Iburi, Japán | Mitsiu Babcock | 2003 | 230 TPD |
| Kokubu, Japán | Takuma | 2003 | 178 TPD |
| Kyouhoki, Japán | Mitsiu Babcock | 2003 | 176 TPD |
| Ebetsu City, Japán | Mitsiu Babcock | 2002 | 144 TPD |
| Oshima, Japán | Takuma | | 132 TPD |
| Burgau, Németország | Technip/Waste Gen | 1987 | 40000 TPY |
| Itoigawa, Japán | Thidde/Hitachi | 2002 | 25000 TPY |
| Wollongong, Ausztrália | Brightstar Environment | 2001 | 25000 TPY |
| Swarze Pumpe, Németország | British Gas-Lurgi | 1993 | 500000 TPY |
| Ranheim, Norvégia | Energos | 1998 | 10000 TPY |
| Averoy, Norvégia | Energos | 2000 | 30000 TPY |
| Hurum, Norvégia | Energos | 2001 | 35000 TPY |
| Sarpsborg, Norvégia | Energos | 2002 | 70000 TPY |
| Forus, Norvégia | Energos | 2002 | 37000 TPY |
| Minden, Németország | Energos | 2002 | 37000 TPY |
| Castellon, Spanyoország | Enerkem//Novera | 2002 | 25000 TPY |
| Vermon, USA | FERCO | 1997 | 165000 TPY |
| Lahti, Finnország | Foster Wheeler | 1998 | 80000 TPY |
| Bridgeend, NagyBritannia | GEM | X | 60000 TPY |
| Rudersdorf, Németország | Lurgi | 1996 | x |
| Furth, Németország | Siemens | 1995 | x |
| Kalsruhe, Németország | Thermoselect | 2002 | 225000 TPY |
| Greve-in-Chanti | TPS Termiska | 1992 | 67000 TPY |

(TPD: tonna per nap; TPY tonna per év)

A táblázatból jól látszik, hogy a pirolízis és elgázosító üzemek jelentős része az ezredforduló táján kezdte el működését. Csupán néhány gyártó egy-egy üzeme, amely egy-két évtizednél hosszabb működési időre tekint vissza. A fentiek alapján az új termikus technológiák túlnyomó része semmiképpen nem nevezhetőek kipróbált és kiforrott technológiáknak. Különösen igaz ez a pirolízisre, mivel az elgázosítás már valamivel kiforrottabb technológia. A hagyományos hulladékégetők száma világszerte több ezerre tehető, a különböző gázosító üzemek száma mintegy 100 körül alakul, míg a pirolízis és plazma technológia alkalmazása ennél ritkább (a fentebb leírtak a kereskedelmi gyakorlatban használt üzemekre és kommunális szilárd hulladék, illetve maradék hulladék kezelésére vonatkozik) (Juniper, 2008). A másik figyelemre méltó tény, hogy az üzemek jelentős része igen kis kapacitású. Az üzemek döntő hányada 100.000 tonna/év kapacitás alattiak. Ennek oka részben az, hogy az üzemek, nem kis része referenciaüzem, és több esetben egy-egy gyártó egy vagy csupán néhány üzemmel rendelkezik. Az egyetlen számos üzemmel rendelkező gyártó a Nippon Steel.

Ezzel szemben a hulladékégetők igen hosszú múltra tekintenek vissza. Az Egyesült Államokban 1885-ben helyezték üzembe az első hulladékégetőt, de a dániai hulladékégetés is több mint száz éves történelemre tekint vissza (Heron 2007). Az égetés nagylélegzetű tömeges használata azonban az 1970-es évekhez kapcsolódik. Ezt a szakaszt az új termikus technológiák még mind a mai napig nem érték el, hiszen kevés kivételtől eltekintve elsősorban referenciaüzemek működnek világszerte. Az égetés a kapacitás tekintetében is lényegesen megelőzi a pirolízis üzemeket. Az égetők esetében nem ritka a félmillió tonnát meghaladó éves kapacitás sem. (Természetesen mindez nem jelenti azt, hogy a hulladékégetés problémamentes lenne).

Az új termikus technológiák esetében a rövid működési idők természetesen nem jelentenének hátrányt, amennyiben ezen rövid idő alatt kirajzolódnának a technológia előnyei és megbízhatósága. Sajnos az eddigi tapasztalatok alapján erről nem lehet beszámolni, sőt éppen ellenkezőleg a technológia kiforratlanságából adódó problémák és környezetterhelések regisztrálhatóak.

Sajóbábonyban a 40.000 tonna/év kapacitású gumi és műanyag hulladékot pirolizáló üzemet, mint tüzelőberendezést próbálták meg engedélyezni. Mint az engedélyezési eljárás során kiderült az olasz referenciaüzem emissziós adatai alapján a tervezett üzem nem lett volna képes megfelelni a hulladékégetésről szóló rendelet kibocsátási határértékeinek. Kazincbarcikán a tervezett pirolízis üzem már a várossal történt egyeztetés során elbukott, többek között azért, mert a technológia kínai gyártója által megadott emissziós adatok erősen hiányosak voltak.

A Gyöngyösre tervezett Thermoselect típusú üzem végül nem épült fel, többek között azért sem, mert fény derült a technológia rossz külföldi tapasztalataira (Hatvani). A többi hazai pirolízis üzem kapcsán nem rendelkezünk adatokkal, de azok működnek, így elméletileg működésük megfelel.

Egy brit tanulmány, amely az új termikus technológiákat vizsgálta így fogalmaz a technológiák kapcsán: ”A pirolízis és elgázosítás előnyei az égetéssel szemben végül megalapozatlannak bizonyultak. Ezek a vélelmek a nem megfelelő összehasonlítás eredményei voltak, amelynek oka általában a megfelelő minőségű információk hiánya volt” (Fichtner, 2004). A pirolízis jellemzője, hogy jól előkészített hulladékot igényel. A CIWMB jelentése szerint: ”A technológiai kockázat megmarad, ha heterogén és nagy variabilitású hulladék kerül pirolizálásra vagy elgázosításra. Éppen ezért a hulladék megfelelő előkészítése és előfeldolgozása alapvető a technológia sikeres alkalmazása során” (Theodore, 2007). A fentiek jól mutatják az új technológiákkal kapcsolatos fő problémákat; ezek a rövid működési tapasztalat, a kis kapacitás, és az előkészített hulladék igény. Mindezek miatt egyelőre a technológia nem versenyképes a hagyományos égetőkkel, azok kiváltására nemigen alkalmasak.

Sajnos a technológia kiforratlanságából adódó problémák jól megmutatkoznak az eddigi üzemelési tapasztalatokból. Ezeket a teljesség igénye nélkül az alábbiakban gyűjtöttük össze. Fő célunk ezzel, hogy a nem megbízható technológiák ismertek legyenek hazánkban, hogy azok telepítését el lehessen kerülni. Az összeállítás egy korábbi munkánk frissítése és külföldi adatok alapján történt: (Szuhi, 2007, Fichtner, 2004, RPS, 2007, Dominic 2007, Greenaction 2006a, Arena-Mastellone 2005, Greenaction 2006b):

**Allied Technology Group**

A cég által birtokolt és üzemeltetett richlandi (USA) plazma-elgázosító üzem 2001-ben bezárásra kényszerült az emissziós problémák és anyagi gondok miatt. Az üzem sosem volt képes teljes kapacitáson működni. (Stang, 2008)

**Asian Pacific Environmental Technology**

A cég Honoluluban működő egészségügyi hulladékot ártalmatlanító plazma-íves üzeme, mindösszesen nyolc hónapot üzemelt, amikor is 2005-ben bezárták a „hőálló és elektróda” problémák miatt. (Environmental Science, 2005)

**Brighstar Environmental – SWERF**

2001-ben Ausztráliában kezdte el működését a wollongongi-i referenciaüzem, azonban azóta is csak szakaszosan üzemelt és a tervezett 100 ezer tonnás kapacitásának csak a negyedét tudta elérni. Az ausztráliai üzem nem tudta teljesíteni az uniós szintű előírásokat, és bár a cég arra törekedett, hogy a füstgáz tisztítás hatásfokát növelje, ez nem sikerült. Az Energy Development Limited a Brighstar 88%-os tulajdonosa kijelentette, hogy az ausztráliai fiaskó után nem támogatja tovább a technológia fejlesztését. Mindezek ellenére Nagy-Britanniában az eljárást továbbra is reklámozták, ahogy Ausztráliában, Indiában és az Egyesület Államokban is. 2004-ben a wollongongi üzemet bezárták, többek között azért, mert határérték felett bocsátott ki kénsavat, arzént, nitrogén-oxidokat és számos technológiai problémán nem sikerült

úrrá lenni. A technológia számos gyártónak modellként szolgált, így a kudarc jelentős csapás volt az új technológiára.

**Compact Power (Brit)**

Egyetlen kisméretű referenciaüzem működik Nagy-Britanniába, Avonmouth-ban, amely 8 ezer tonna klinikai hulladékot ártalmatlanít.

**Ebara**

A japán gyártó elgázosító üzemei elsősorban Malajziában kaptak jelentős kritikát. Bár a cég zéró emisszióval hirdeti magát, Japánban működő hagyományos égetője több ízben kapott büntetést a szennyvizek dioxinnal való szennyezettsége miatt.

**Energos (Norvég-Német)**

Öt működő üzem Norvégiában (Ranheim, Averoy, Hurum, Sarpsborg,Forus) és egy Németországban (Minden). Az egyes üzemek jellemzően 10-35 ezer tonna kapacitásúak (a Strasbourgi egyedül 70 ezer tonnás). Az Energos kiemelkedik a többi gyártó közül azzal, hogy viszonylag sok üzeme működik. Bár a működéséről kevés információ van, a Minden-i üzem ellen, a hely civil szervezet a Bimi – Bürgerinitiative Minden (www.bimi.info) kampányol és három alkalommal leállították az üzemet a határérték feletti kibocsátások miatt. Az eljárás az elgázosítást ötvözi az égetéssel. 2004-ben az Energos részben csődbe ment.

**Enerkem /Novera (Kanada)**

A technológiát az Enerkem dolgozta ki, a piacra a Novera vitte Európában. A spanyolországi Castellonban 2002 óta működő referenciaüzeme 25 ezer tonna hulladékot ártalmatlanít. Ezen kívül van egy kis mintaüzeme a Kanadai Quebecben.

**FERCO**

A Ferconak egyetlen demonstrációs üzeme van az Egyesült Államokbeli Vermontban, amely 165 ezer tonna hulladékot ártalmatlanít.

**Foster Wheeler – elgázosítási eljárás**

Két üzeme van, egyik a Finnországi Lahtiban, amely 116 ezer tonna hulladékot kezel, egyelőre próbaüzemmódban, illetve a Finnországi Varkausban, ahol alumínium hulladékot ártalmatlanít. Emellett másutt így Svédországban, Belgiumban is vannak üzemei. A cég napjainkban a hulladék helyett a biomassza égetésre tér át.

**GEM – Graveson Energy Management**

A Bridgeendi tesztüzem nem üzemel, a gázmotor kibocsátásai meghaladták a határértékeket és a próbaüzemre speciális engedélyt kellett kérnie.

**IET Energy/Entech**

Az Entech 5 referenciaüzemmel rendelkezik világszerte (Hong Kong, Malaysia, Lengyelország, stb.), azonban az üzemek legnagyobbika sem éri el a 25 ezer tonnás kapacitást. A cég plazma-eljárású üzemeinél több problémát is észleltek.

**Interstate Waste Technologies/Plasco Energy Group**

A plazma elgázosítási eljárás kommunális szilárd hulladékkal nem tudott megfelelően működni.

**Lurgi**

A pozitív tapasztalatok és a már működő Rügersdorfi üzem ellenére a Lurgi kivonult a piacról, mert meglátása szerint a technológiai problémák miatt az eljárás még középtávon sem versenyképes.

**Mitsui Babcock**

A Mitsui technológiája a Siemens R21-es – sikertelen – technológiájának a továbbfejlesztése. Hat üzemet építettek fel, mindet Japánban, de igyekeznek Európában is piacot szerezni.

**Neoteric Environmental Technologies**

A cég Kaliforniai Romolandbe épített üzeménél merültek fel súlyos aggályok, az üzem NOx, PM10 kibocsátásai meghaladták a hagyományos égetőkét.

**Siemens**

A Siemens Fürth-i üzeme képtelen volt normális üzemmenetben működni, ezért a cég felhagyott a technológiával, bár Japánban ezt az eljárást továbbfejlesztették (Mitsui-Babcock)

**Techtrade/Wastegen**

Burgau/Németország és Hamm-Uentrop/Németországban találhatóak referenciaüzemek.

**Thermoselect**

Három üzeme működik, egy a németországi Kalsruhe-ban, a másik kettő Japánban (Mitsui, Chiba). A Thermoselect eljárást sokáig nagy várakozás kísérte, azonban nagy csalódást okozott. Az olaszországi Verbaniában működött félüzemi berendezés. Az itt szerzett tapasztalatok alapján 1996-ban a németországi Kalsruhe-ban megindult egy 225.000 t/év kapacitású három párhuzamos egységből álló üzem felépítése. Az égető végül 2002-ben kezdte el működését, de a várt eredményeket nem hozta. A nagyon sok üzemzavar mellett kiderült, hogy sem a beruházási, sem a működtetési költségek nem kedvezőbbek, mint a hagyományos égetőké. Végül 2004-ben bezárták az üzemet, amely 500 millió dollár veszteséget termelt. Az üzemzavarok során toxikus gáz és szennyvíz kikerülése a környezetbe és robbanás is előfordult. A Kalsruhe-i üzem bezárásában az is fontos szerepet játszott, hogy határérték felett bocsátott ki, többek között szálló port, nitrogén-oxidokat, hidrogén-kloridot és elégetlen szerves szenet.

Az itáliai Fontodoce üzemben, amely az első ilyen üzem volt, a Thermoselect menedzsmentjét elítélték környezetszennyezés miatt, amelyet a Thermoselect üzeme okozott (egy tavat szennyeztek klórral, cianidok-

kal, és nitrogén-vegyületekkel). Azóta Európában nem épült új égető a Thermoselect eljárással.

**TPS Termiska**

A svéd gyártónak ismereteink szerint egyetlen referenciaüzem működik Olaszországban (Greve in Chianti). Az üzem azonban nem teljes siker, technológiai problémák ma is vannak. Az Angliába tervezett üzem meghiúsult, a szintézis gáz tisztításának nehézségei miatt.

**Von Roll**

A gyártó egyelőre nem jelent meg a piacon, mert nyilatkozata szerint amíg a technológia nem teljesen megbízható addig nem akar piacra lépni.

**Thide Environment**

Két francia és három japán üzem 6-7 ezer tonna kapacitásig.

**Ze-Gen**

Az Egyesült Államokbeli New Bedfordban üzembe helyezett elgázosító mintaüzem folyamatosan működési problémákkal küszködik. Az első üzemnapot követően nyolc hónapra leállították, majd azt követően fa-pellet elégetésére állt át. Azóta egy ízben újra leállásra kényszerült az üzem (Ciplet, 2009).

**További gyártók a teljesség igénye nélkül:**

PKA (3 németországi gyár), Serpac, Bass esembre (1 izlandi üzem), Okadoa (1 japán tesztüzem), Noell (később Future Energy Gmbh), Hermite System Limited (egy tesztüzem), ABB, AWE, McMullen, Alcyon, Mitsui, Andco, Torrax, MTCI/Thermochem, Ande, NESA, B9, Energy, Nexus, Borsig, NKK, Babcock Wilcox, Nippon Steel, Balboa, Noell, Battelle, Ferco, Organic Power, Beven, Recycling, PEAT, BG Systems, PRME, BPI, Pyrovac, TG Technology, Resorption, Chemrec, RGR, Ambiente, CPL, Sacone, Serpac, Conrad/ Kleenair, Shell, Gasification Dynamotive, Sumitomo, EPI, Takuma, Enerkem, Technip, Ensyn, Thermogenics, ESI / Enersludge, Texaco, GEM, Thide, GTS, Duratek/ Proler, TPS, Hebco, Traidec, Heuristic, UET, Host, Waste Conversion Systems, JND, Waste Gas Technology (UK) Ltd, Kara, Waste to Energy, Krupp, Prenflow, Waterwide, Krupp, Polysius, Weidleplan, Kvaerner, Wellman.

A fenti példák sora jól mutatja, hogy az új technológia számos gyártójánál komoly problémákkal szembesültek, amelyek egy részét nem sikerült megoldani, és több cég jelentős veszteség után csődbe is ment. A technológia kiforratlanságát jól mutatja, hogy olyan nagy gyártók, mint a Siemens, a Von Roll, vagy éppen az egyik legjelentősebb hulladékégető gyártója a Lurgi is felhagyott a technológia gyártásával, vagy éppen még nem lépett a piacra.

Ezen tények alapján ilyen technológia telepítésénél még nagyobb óvatossággal kell eljárni, mint a hulladékégetők esetében és külön figyelmet kell fordítani a referenciaüzemek működési tapasztalataira. Különösen azért, mert a nem megfelelő működés, a nagyon jelentős tőkebefektetés elvesztése mellett komoly környezeti és egészségügyi károkat is jelenthet.

Meglátásunk szerint a jelenlegi állapotban a termikus technológiák közül az égetés, a problémái ellenére is megbízhatóbb, mint az új termikus technológiák, azaz a pirolízis, illetve az elgázosítás.

**Az új termikus technológiák és a klímaváltozás**

A globális éghajlatváltozás ma vitathatatlanul az egyik legfontosabb, ha nem a legfontosabb környezeti probléma. Természetesen, mint ilyen súlyú kérdés, megkerülhetetlen a hulladékégetők kapcsán is. Nem véletlen, hogy az egykor hulladékégetőknek nevezett létesítményeket ma már „hulladék hasznosító erőműveknek", „zöld égetőknek", „hulladékkonvertáló üzemeknek", stb. nevezik az iparágban érdekeltek (külföldön: Waste to Energy – WtE).

A hulladékégetőket (WtE) tömörítő Energy Recovery Council honlapján az alábbi tájékoztatást adják az érdeklődőknek, arra a kérdésre, hogy az WTE-k hogyan hatnak az üvegházhatású gázokra (wte.org, 2009):

"Waste-to-energy reduces greenhouse gas emissions." (fordítás: A WtE-k csökkenti az üvegházhatású gáz kibocsátását). Arra a kérdésre pedig, hogy a megújuló energiáról van-e szó, az alábbi megállapítást teszi a honlap: "Yes. Waste-to-energy is renewable because its fuel source -garbage- is sustainable and non-depletable." (Fordítás: Igen. A WTE megújuló, mivel a tüzelőanyag forrása - a hulladék - fenntartható és nem kimerülő forrás).

Természetesen nem csak a hulladékégetők pályáznak a klíma megmentése címre. A pirolízis és elgázosító üzemek hasonlóképpen hirdetik magukat.

Így pl. a norvég Energos: "reduction in landfill disposal and global warming" (fordítás: csökkenti a hulladéklerakást és a globális felmelegedést (Energos, 2009), vagy az Interstate Waste Technology: „Significantly reduces greenhouse gas emissions." (fordítás: számottevően csökkenti az üvegház gáz kibocsátást) (IWT, 2009) szintén, mint az éghajlatváltozás elleni harc egyik fontos szereplőjeként mutatja be az új termikus technológiákat. Jelen fejezetben, azt vizsgáljuk meg, hogy a fenti állítások mennyire helytállóak, és milyen szerepet játszanak az égetők a globális klímaváltozásban. Most nem csupán az égetőket és az új termikus technológiákat vizsgáljuk, hanem röviden kitekintünk más hulladékkezelési eljárásokra is.

Az égetőknek az az állítása, mely szerint azok a klímaváltozás elleni harc letéteményesei, azon alapulnak, hogy az égetés során energia keletkezik, amellyel szén tüzelésű erőműveket váltanak ki. A másik hivatkozási pont, hogy az égetés miatt a hulladék nem lerakóba kerül, így elkerülhető az ottani metánképződés. Végül az égetés során a fémek egy részét kinyerik, így azok újrahasznosíthatók. Noha ezek az állítások önmagukban igazak, azonban figyelmen kívül hagyják azokat a tényeket, mely szerint a hulladék mennyiségének csökkentése, az újrahasználat, hasznosítás, komposztálás lényegesen jobb megoldások, mint az égetés. Ráadásul az elégetett hulladék jelentős része szintén fosszilis alapú (így pl. a műanyag, amely kő-

olaj alapú), valamint az égetőkben termelt energia igen gyakran nem a széntüzelésű erőműveket váltja ki, hanem a valódi megújuló energiaforrásoknak (szél, nap, stb.) teremt konkurenciát. Az első, amit tisztázni érdemes, hogy az égetők igen nagy mennyiségű direkt üvegházhatású gázt (szén-dioxidot, valamint dinitrogén-oxidot) bocsátanak ki. Az Egyesült Államokban az EPA jelentése szerint (USEPA 2006) a hulladékégetők a 15 legnagyobb üvegházgáz kibocsátó ágazat között találhatóak (21,3 Tg CO2 eq 2005-ben). Emellett igen jelentős az indirekt üvegház-gázok kibocsátása is (nitrogén-oxidok, nem metán illékony szerves vegyületek, stb.). Ezek a számok azonban csupán az elégetett fosszilis alapú hulladékokat veszi számításba. Ha a valós helyzetből indulunk ki, tehát, hogy biomasszát, fát, ételmaradékot, papírt stb. is égetnek az égetőkben, akkor a hulladékégetők sokkal rosszabb képet mutatnak. Az egy megawatt óra előállított energiára több szén-dioxid kibocsátás jut, mint ha ugyanezt az energiát egy szén-tüzelésű erőműben állították volna elő. Az Amerikai Környezetvédelmi Hivatal adatai szerint ezek az értékek 2,249 font kibocsátott CO2/MWh (1020kg/MWh) a széntüzelésű erőművek esetében, míg a hulladékégetőknél 2,899 font kibocsátott CO2/MWh (1314kg CO2/MWh)(USEPA 2008). Egy brit tanulmány ehhez nagyon hasonló adatokat kapott (Eunomia 2006):

| **Erőmű-típus** | **kg $CO_2$/ MWh $CO_2$ eq** |
|---|---|
| Gáz tüzelésű erőmű | 382 |
| Szén-tüzelésű erőmű | 835 |
| Olaj tüzelésű erőmű | 770 |
| Égető, csak villamos energia termeléssel | 1645 |
| Égető, kombinál villamos energia és hőtermeléssel | 1086 |
| Gáz tüzelésű kombinált ciklusú erőmű | 395 |
| Égető, csak hőtermeléssel | 967 |

A táblázatból jól látszik, hogy (a nem fosszilis szén figyelembevételével) a hulladékégetők a listán igen kedvezőtlen pozíciót töltenek be. Egy MWh előállított energia az égetők esetében jár a legtöbb üvegház gáz kibocsátással. Még a szén és olajtüzelésű erőművek is jobban teljesítenek, mint a hulladékégetők

A hulladékégetés igazából akkor bukik el a klímaváltozás elleni harcban, amikor más alternatív hulladékkezelési eljárásokkal hasonlítják össze. Átlagszámban a hulladék újrahasznosítása 3-5–ször annyi energiát spórol meg, mint amennyit az adott hulladék elégetéséből nyerünk. Ennek az az egyszerű oka, hogy az adott termék előállítása rendkívül sok energiát emészt fel a nyersanyag kidolgozásától, feldolgozásától számítva, amely megspórolható, ha az adott nyersanyagot újra hasznosítjuk. Az égetés esetében azonban ez az energiamennyiség elvész, és csupán az adott hulladék energiatartalma hasznosul. Egy példával élve: 1 tonna hulladék elégetés révén 8200 MJ energia nyerhető, amennyiben ezt a hulladékot újrahasznosítjuk, úgy 35.200 MJ energia spórolható meg (J. Morris, 1992). Ebből a számból is jól látszik a hasznosítás elsőbbsége a felmelegedés elleni küzdelemben. Az USEPA felmérése szerint a vizsgált 18 különböző termékcsoport mindegyikében a hasznosítás kedvezőbb megoldás, mint az égetés az üvegház-gáz kibocsátás tekintetében.

Számunkra természetesen a legérdekesebb kérdés, hogy a pirolízis és elgázosítás kedvezőbb megoldás-e, mint a hulladékégetés. A Tellus Intézet által végzett kutatás alapján az új termikus technológiák kis mértékben kedvezőbb értékeket mutatnak az üvegházgáz kibocsátásában, mint a hagyományos hulladékégetők. A tanulmány ugyanakkor megjegyzi, hogy az új technológia kapcsán egyelőre nem állnak rendelkezésre kellő számú adatok, így ez az eredmények mindenképpen fenntartásokkal kezelendőek (Tellus 2008). Amint majd később bemutatjuk az új technológia kevésbé hatékony az energiatermelésben, mint a hagyományos égetés, a hulladék előkezelésére, illetve a folyamat fenntartásához gyakran igényel külső energiaforrást, így könnyen lehetséges, hogy a technológia klimatikus lábnyoma jelentősebb, mint a hulladékégetésé.

Az Eunomia Consulting Ltd. kiszámította (Eunomia, 2006) egy „átlagos" pirolízis üzem üvegházgáz mérlegét, figyelembe véve a kibocsátott szén-dioxidot, az energiatermeléssel elkerült kibocsátást (feltételezve, hogy azt az energiát egy földgáz tüzelésű erőműben állították volna elő), valamint azt, hogy a fémek kinyerésével azokat nem kell újra kibányászni és feldolgozni. A lerakóra kerülő maradékanyag széntartalmat nullának vették, mivel az csak több száz év alatt kerül ki a lerakóból és mennyisége jelentéktelen a többi tényezőhöz viszonyítva. Eredményeiket a lenti táblázatban közöljük. Ebből jól látszik, hogy egy tonna pirolízis üzemben kezelt hulladék 550-639 kg szén-dioxidot juttat a légkörbe, figyelembe véve minden tényezőt. Összehasonlításképpen, egy komplex mechanikai-biológiai kezelőüzem esetében a szén-dioxid emisszió egy tonna hulladékra 288-332 kg-nak adódott.

**Szén-dioxid mérleg Pirolízis üzemre (kg/tonna hulladék)**

| **Forgatókönyvek** | **Alacsony** | **Magas** |
|---|---|---|
| közvetlen kibocsátás | 916 | 916 |
| elkerült áram termelés | -304 | -215 |
| elkerült kibocsátás (az anyagok kibányászása, feldolgozása) | -62 | -62 |
| lerakott maradékanyagok | 0 | 0 |
| **mérleg** | **550** | **639** |

Forrás: Comparison Between Pyrolysis / Gasification and MBT to Landfill Systems, Eunomia, 2005

Fontos hangsúlyozni, akár az égetés, akár az új termikus hulladékkezelési eljárásokat vizsgáljuk, hogy azok éghajlatvédelmi szempontból kedvezőtlenebbek, mint az újrahasznosítás. Mind az Európai Unió, mind az US EPA, mind az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) és számos egyéb intézmény kijelentette, hogy éghajlatvédelmi szempontból az újrahasznosítás a leg-

kedvezőbb hulladékkezelési megoldás (Smith et al, 2001, IPCC 2005, ETAAC 2008).

**Energiahatékonyság**

Hazánkban a számottevő méretű új termikus hulladékkezelő üzemek telepítése során a település és beruházók felé kommunikált legfontosabb érv a pirolízis üzemek energiatermelő képessége, és az értékesíthető villamos energia. Így például a pirolízis üzemben pirolaj, pirogáz, illetve pirokoksz keletkezik, amely alkalmas lehet például dízel motorok meghajtására, amely segítségével villamos energia állítható elő. A fő kérdés az energiatermelés tekintetében a hatékonyság. Azaz, hogy az új termikus technológiák hatékonysága megelőzi az újrahasználat révén megspórolt energiát, illetve hatékonyabb-e, mint a hagyományos hulladékégetés?

Az új termikus technológiák és a hulladék hasznosítása közötti összehasonlításra nem akarunk részletesen kitérni. Mint azt az éghajlatváltozási fejezetben már leírtuk, a hulladék hasznosításával 3-5-ször több energia spórolható meg, mint amennyi a hulladék elégetésével nyerhető.

A lényegi kérdés most számunkra az, hogy az égetés vagy a hulladék pirolízise/elgázosítása-e a jobb megoldás?

Az Egyesült Királyságban készült az új termikus technológiák életképességét vizsgáló tanulmány szerint: ”Az elgázosítási és pirolitikus eljárásokat újravizsgálva az átalakítási hatékonyság általában alacsonyabb volt, mint amit egy modern hulladékégetőben el lehet érni” (Fichtner, 2004). Egy 2008-ban publikált tanulmány még a fenti jelentésnél is kritikusabb:” A legtöbb gázosító/pirolízis üzem esetében, az üzem működtetéséhez szükséges energia alig kevesebb, mint az általuk termelt energia” (Dalai, 2008). Az új termikus technológiák alacsony hatékonysága a technológia sajátosságából fakad.

Először is az elgázosítás, pirolízis, plazma eljárás előkezelt hulladékot igényel. A hulladék előkezelése (aprítása, szárítás, stb.) jelentős energiaigényű. Másodszor a hulladék égetése oxigént igényel, de jó esetben nem igényel pótlólagos energiabevitelt a folyamat fenntartására (kivételt jelenthet az alacsony futóértékű hulladék, az emissziók teljesítése miatt szükséges energiabevitel stb.). Ezzel szemben az oxigénmentes vagy szegény termikus technológiák nem energiatermelő, hanem energia-fogyasztó technológiák, azaz a folyamat fenntartásához pótlólagos energiabevitelt igényelnek. Ez legtöbbször valamely fosszilis energiahordozó felhasználását jelenti. Természetesen az új termikus technológiák által termelt gáz/olaj vagy koksz energia előállítására alkalmasak. A kérdés, hogy az itt előállított energia kompenzálja-e a folyamat működtetéséhez szükséges energiát?

A nettó villamos hatásfokkal számolva (net electrical efficiency) a hulladékégetők hatékonyabban működnek. (A nettó energetikai hatásfok azt számolja ki mennyi az üzembe bevitt hulladék, ill. kiegészítő tüzelőanyag kalóriaértéke és ezt hasonlítja össze az üzemből kimenő villamos árammal). A hagyományos égetők legjobbja 27 %-os hatékonysággal működik, míg a pirolízis üzemek 13-24% körül teljesítenek. Elméletileg a pirolízisüzemeknél kombinált ciklusú gázturbinák alkalmazásával 27% fölé lehetne emelni a hatékonyságot, ugyanakkor mind a mai napig ilyen üzem nem épült és nem ismerjük a gyakorlati tapasztalatokat. A szintézisgáz hagyományos erőműben történő felhasználásával lehetséges még a hatékonyság javítása (Fichtner 2004, Dominic 2007).

A pirolízis során általában jelentős mennyiségű szilárd maradékanyag (koksz) marad hátra, amelynek igen jelentős a széntartalma és a bevitt hulladék energiatartalmának számottevő részét tartalmazza. Ez az anyag felhasználható energianyerésre, sőt amennyiben a technológia energiamérlegét javítani akarják akkor szinte kötelező a felhasználása. Ebben az esetben azonban azzal kell számolni, hogy a koksz elégetésével jelentős mennyiségű légszennyezőanyag jut a légkörbe. Ugyanez a probléma a piroolaj, illetve a pirogáz elégetésénél is.

A plazma technológia némileg eltér a pirolízistől energiamérlegét tekintve azonban szintén nem tűnik kedvező megoldásnak. A plazma rendkívül magas hőfokon üzemel, amely igen nagy mennyiségű energiát igényel. Noha a gyártók szerint ez a technológia is pozitív energiamérleggel rendelkezik, jelenleg nincs olyan független adat, amely bizonyítaná, hogy a plazma-eljárás képes villamos energia értékesítésére.

Gyakran elhangzik az az állítás is, hogy az új termikus technológiák megújuló energiát állítanak elő, mivel a hulladék megújuló és nem kimerülő forrás (lásd korábban). Ezek az állítások figyelmen kívül hagyják, hogy a hulladék jelentős része fogyó nyersanyagokból és fosszilis energiahordozókból áll össze és így semmiképpen nem nevezhetők sem megújulónak, sem kimeríthetetlennek. Nem célszerű tehát megsemmisítésük (elégetésük és lerakásuk sem), hanem fő feladatunk azok visszaforgatása a gazdaságba vagy természetbe tulajdonságuk szerint. A fentiekből jól látható, hogy az új termikus technológiák jelenleg a hagyományos hulladékégetéssel szemben sem versenyképesek az energiahatékonyság terén. Lévén, hogy a hulladékok újrahasznosítása/újrahasználata és általában a „zero waste” koncepció energetikailag lényegesen kedvezőbb, mint az égetés, ezért kijelenthető, hogy az új termikus eljárások szintén nem versenyképesek a hulladék újrahasznosításával.

**Egyéb környezeti hatások**

A fentieken bemutatottakon túl természetesen az új termikus technológiák a többi környezeti elemre is hatással vannak (táj, zaj, víz stb.). Ugyanakkor ezek kevésbé jelentősek, illetve túl kevés adat áll ahhoz rendelkezésre, hogy a hatások érdemben értékelhetőek legyenek. Az alábbiakban az eddig nem vizsgált környezeti hatásokra térünk ki nagyon röviden.

A pirolízis üzemek tájra gyakorolt hatása összehasonlítva a hagyományos égetőkkel elsősorban méretfüggő. A pirolízisüzem modulos felépítése miatt kis és közepes kapacitás esetén általában kisebb helyigénnyel bír, mint a hagyományos égetők. Éppen e miatt a kapacitás nö-

vekedésével, egyre gyarapodik a helyigénye és nagy kapacitás mellett már nagyobb a területfoglalása, mint a hagyományos égetőké. Az épületek magassága számos tényező függvénye, általában azonban alacsonyabbak, mint a hagyományos égetők és ez elmondható a kéménymagasságról is (Ficthner 2004, Dominic 2007).

A különböző technológiák felszíni és felszín alatti vizekre gyakorolt hatása erősen eltér. A legtöbb hatás azonos a hagyományos égetőkével (pl. nedves füstgáztisztítás, csapadékgyűjtés, stb.).

A különböző technológiák víz input-outputja erősen elérő. Így például a Brightstar, a Thermoselect a Waste Gen jelentős vízfelhasználó, míg pl. az Energos nem. Százezer tonna hulladékra vetítve a víz output 0-60.000 tonna között változik technológiától függően (Fichtner 2004).

Érdemes néhány mondat erejéig az új termikus technológiák használata során keletkező szilárd maradékanyagokra is kitérni. A pirolízis üzem maradékanyaga az eredetileg bevitt hulladék 14-40 tömegszázalékát érik el (Fichtner 2004). Két nagy csoportra oszthatóak, úgymint salakanyagok, illetve füstgáztisztítási maradékanyagok. Az előző adja a maradékanyagok meghatározó részét. A füstgáztisztítási maradékanyagok általában veszélyes hulladéknak minősülnek, de jellemző módon a hátramaradó salakanyagok veszélyessége is nagyobb, mint a hagyományos égetők esetében, mert az alacsony hőfok miatt kevesebb nehézfém megy át gázfázisba. Pirolízis üzemek esetén a hátramaradó salak, a nem éghető komponensek mellett jelentős, akár 40%-os széntartalommal is rendelkezhet, amit további energianyerésre lehet felhasználni. Ennek kapcsán azonban jelentős légköri emissziókkal is kell számolni. Az alábbiakban bemutatjuk néhány technológia során keletkező maradékanyagok mennyiségét:

A fentiek alapján az új termikus technológiák szilárd maradékanyagainak mennyisége lényegében megegyezik a hagyományos égetés során keletkező maradékanyagok mennyiségével. A többi környezeti elemre gyakorolt hatás kapcsán értékelhető mennyiségű adat nem áll rendelkezésre az új technológiákról, így ezekkel itt nem áll módunkban foglalkozni.

**Társadalmi-gazdasági szempontok**

Noha jelen tanulmányunkban elsősorban az új termikus technológiák környezeti hatásaira koncentrálunk, egy fejezet erejéig kitérünk a társadalmi-gazdasági hatásokra is. Egyrészt mert ezek a szempontok nyilvánvalóan meghatározóak egy üzem telepítésénél, másrészt a hatásvizsgálati eljárás része az üzem okozta környezetállapot változás társadalmi-gazdasági hatások feltárása is, még ha itt mi elsősorban közvetlenül az üzem hatására koncentrálunk is.

Ebben a témában az első és legfontosabb kérdés, hogy az új technológiák olcsóbbak-e, mint a hagyományos égetők, illetve gyorsabb-e a megtérülési idejük?

Mind hazánkban, mind külföldön az új termikus eljárások népszerűsítése során az egyik meghatározó érv annak nyereségessége. A Sajóbábonyba tervezett üzem esetében a megtérülési időt például csupán néhány évre becsülték a tervezők, elsősorban a villamos áram kötelező és magas áron történő átvétele miatt. A legtöbb hazai nem veszélyes hulladékot égető tervezett pirolízis üzem elsősorban ebből reméli bevételeinek meghatározó hányadát, amely a jelenlegi szabályozás mellett nem illúzió, hiszen a hulladékból előállított áram kötelezően és magas áron átveendő. Ez a helyzet azonban évről-évre változik, így mindenképpen óvatossággal kezelendő.

Az új termikus technológiák életképességét vizsgáló tanulmány szerint:" nincs okunk elhinni, hogy ezek az új technológiák bármivel is olcsóbbak lennének, mint az égetés és a jelenleg rendelkezésre álló információk alapján, valószínűsíthető, hogy a komplexebb folyamat miatt a valóságban drágábbak" (Fichtner, 2004). Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma megvizsgálta, hogy a vegyi fegyverek semlegesítése esetén a hagyományos égetés vagy a pirolízis/plazma eljárás-e a gazdaságosabb.

Eredményeik szerint a telepítés költségei közel azonosak, vagy az új eljárások esetében magasabbak, míg a fenntartási, üzemeltetési költségek az új eljárások esetében mintegy 15-20 százalékkal magasabbak (U.S. Department 1999).

Az új termikus eljárások esetében figyelembe kell venni a technológia kiforratlanságát, az eddig bekövetkezett üzembezárásokat, technológia hibákat is, ami nagymértékben növeli az üzleti kockázatot is. Az Európai Bizottság jelentése szerint: "A jelentés készítésének idejében az új termikus eljárások technológia kockázata számos hulladék esetében lényegesen magasabb, mint a hagyományos égetők esetében " (EC 2006).

A plazma-eljárással hasonló a helyzet. Az egyetlen kommunális szilárd hulladékot kereskedelmi léptékben kezelő rendszer a Japán Utashanaiban működő üzem gazdaságilag veszteséges az ígéretek ellenére is.

A Columbia Egyetem Los Angeles városának megbízásából 14 különböző új termikus eljárás költségét vetette össze. Ezek közül a valóban működő rendszereknél azt találták, hogy egy tonna hulladék kezelésének költsége (beleértve a telepítés, üzemeletetés stb. költségeit) lényegesen magasabbak, mint a hagyományos égetésé, vagy például az anaerob rothasztásé (Theodore S.P. 2007).

| Egy tonna hulladék kezelési költséges, dollárban, USA | |
|---|---|
| Ebara | 289 |
| Thermoselect | 185 |
| Nippon Steel | 145 |
| Geoplazma | 172 |
| Anaerob rothasztás (Valorga) | 67 |
| Éget (átlagos, amerikai) | 62 |

Összegezve a fentieket látható, hogy az új termikus technológiák bekerülési és üzemeltetési költségeiket tekintve összességében nem kedvezőbbek a hulladékégetőknél. Hazai tapasztalatok egyelőre nincsenek, mert bár

több ilyen üzem áll engedélyezés alatt, az eddig üzemelők igen kicsik és elsősorban veszélyes hulladékot égetnek.

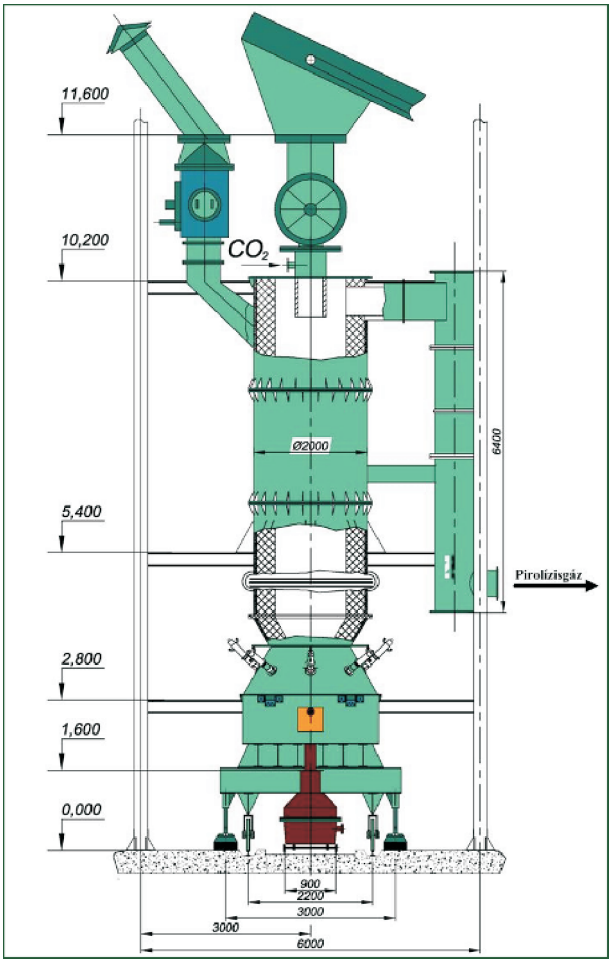
Fontos kérdés a hulladékégetők és az új termikus technológiák munkateremtőképessége is. Noha az új technológiákra vonatkozóan nincsenek részletes adataink, a foglalkoztatottság lényegesen nem tér el a hagyományos égetőkétől. Mindkettő alapvetően tőke és nem munkaerő-igényes ágazat. A Sajóbábonyba tervezett pirolízis üzem 40 ezer tonnás kapacitás mellett például mindösszesen 30-40 munkahelyet teremtett volna. Az új termikus technológiákat e tekintetben nem elsősorban az égetéssel, hanem a hulladék újrahasznosítással érdemes összehasonlítani. A különböző adatok szerint a hulladék hasznosítása átlagosan tízszer annyi munkahelyet teremt, mint a hulladékégetés vagy lerakás. Száz új munkahely az újrahasznosító iparban pedig összesen 13 munkahelyet szüntet meg az egyéb szektorokban (hulladékgazdálkodás, fakitermelés, stb.) (Addressing 2004). A hasznosító ipar jelentőségét jól mutatja az a szám, hogy az USA-ban ebben az iparágban már 1,1 millió ember dolgozik, ami összemérhető az autóiparban foglalkoztatottak számával. Nyilvánvaló, hogy az égetés ekkora nagyságú munkaerő foglalkoztatására soha nem lesz képes. (D. Ciplet 2009)

## A KUTATÓCSOPORT OLYAN MEGOLDÁST KERESETT, MELYNÉL HULLADÉKHŐ NÉLKÜL ELEKTROMOS ENERGIA ÁLLÍTHATÓ ELŐ

A nagy energiájú plazmák előnyösen alkalmazhatók különféle anyagátalakítási folyamatok kivitelezésére. A nagy tömegben képződő kommunális és ipari hulladékok értékes alkotóinak kinyerése és újrahasznosítása.

A plazmás eljárások, az egyéb termikus hulladékkezelési módszerekkel, köztük a hagyományos hulladékégetéssel összevetve, a következő előnyökkel rendelkeznek:

- A plazmákban uralkodó magas hőmérsékleten a szerves anyagok teljesen lebomlanak, a szervetlen hulladékok részben lebomlanak, részben megolvadnak és elüvegesednek; mindez a hulladékok térfogatának jelentős csökkenésével és a le nem bontható alkotók bezáródásával jár.
- A plazmareaktorokban a gázok áramlási sebessége viszonylag széles határok között változtatható; kis szemcseméretű, porszerű anyagok is jól kezelhetők ezekben a berendezésekben.
- A plazmákban időegység alatt kis térfogatban nagy mennyiségű anyag kezelhető; alacsonyak a fajlagos beruházási költségek, kisméretű, mozgatható egységek alakíthatók ki, amelyek alkalmasak különböző helyszíneken lévő szenynyeződések, korábban kialakított lerakóhelyek felszámolására.




- A plazmareaktorok gázforgalma kisebb, mint a hagyományos égetőkemencéké; az RF plazmákban pedig a hőmérséklettől függetlenül tetszés szerinti gázatmoszféra biztosítható, ezáltal a kémiai folyamatok jól kézben tarthatók, a rendszer megbízhatóan működtethető.
- A plazma által kibocsátott erős ultraibolya sugárzás elősegít bizonyos bomlási folyamatokat, így például meggyorsítja a klórtartalmú szerves vegyületek bomlását.
- A térben jól körülhatárolt plazmaláng és a körülötte elhelyezkedő gázfázis között nagy hőmérsékletkülönbségek lépnek fel, és mind a gázáramok, mind a szilárd részecskéket tartalmazó anyagáramok gyorsan befagyaszthatók; ily módon megőrizhetők a magas hőmérsékleten, nem egyensúlyi viszonyok között kialakult termékek, továbbá lecsökken az eredeti anyagok újraegyesülésének (rekombinációjának), vagy újabb káros anyagok kialakulásának valószínűsége.

A felsorolt előnyök miatt nem meglepő, hogy az utóbbi másfél évtizedben világszerte megélénkültek a termikus plazmák környezetvédelmi alkalmazására irányuló kutatások és fejlesztések. Ezek egy részét magán-

cégek kezdeményezik, de bőven találunk példát állami szerepvállalásra is.

A Retech Inc. a világ egyik vezető cége a plazmák környezetvédelmi alkalmazásában. Veszélyes hulladékok kezelésére az ívplazmás centrifugális reaktoron alapuló PACT (Plasma Arc Centrifugal Treatment) eljárást fejlesztették ki. A PACT-8 rendszerben áthúzott-íves plazmaégőt használnak. A hulladékot a 2,4 m átmérőjű, nagy fordulatszámmal forgó üstbe adagolják. Az üstben az égőből kilépő, több ezer fokos gáz teljes tömegében egyenletesen olvasztja meg az anyagot. Az üst fordulatszámát csökkentve az erősen viszkózus olvadék az alsó kiömlőnyíláson keresztül a salakgyűjtő kamrába folyik, ahol lehűl és megszilárdul. A végtermék üvegszerű szilárd anyag, amit Monolithic Rock-nak neveztek el. Szerves anyagokat nem tartalmaz, a nehézfémek pedig oldhatatlan formában találhatók benne.

A környezetvédelmi előírások szigorodásával mindinkább előtérbe kerülnek a termikus plazmán alapuló eljárások. Ezeknél a magas hőmérséklet és a megfelelő reakciókörülmények miatt teljes a hőbomlás. Kedvezőek a hűtési viszonyok is: a magas hőmérsékletű plazmaláng és a környezet közötti, eleve nagy hőmérséklet-gradiensek különböző kisegítő megoldásokkal tovább növelhetők: termikus plazmákban könnyen biztosíthatók 1000 K/ms nagyságrendű hűtési sebességek is. Az adott esetben tehát a PCDD/PCDF-képződés szempontjából kritikus 800-300°C közötti hőmérséklet-tartományban a füstgázok a ms tört részéig tartózkodnak hűlésük során, ezáltal csaknem nullára csökken a nem kívánatos vegyületek létrejöttének valószínűsége.

A környezetvédelmi előírások és az ezek betartatását célzó intézkedések szigorodása kedvezően befolyásolják a plazmatechnológiák versenyhelyzetét. Egyre több az olyan környezeti probléma, amelyre a plazmák alkalmazása ad igazi megoldást.

A K+F csoport a fent leírt előnyök miatt választotta alapnak a plazmatechnológiát.

## A PLAZMATECHNOLÓGIÁS HULLADÉKOKAT FELDOLGOZÓ KOMPLEXUM ALAPTECHNOLÓGIAI SORÁNAK RÖVID LEÍRÁSA

A szilárd háztartási hulladék (SzHH) beérkezik a fogadó- és bunkerzónába, ahol lemérik és betöltik a gyűjtő bunkerokba, amelyben megtörténik a fertőtlenítése per (oxi) ecetsavval. Gyűjtőbunkerekből a hulladékot továbbítják a Metso Lindemann hulladék aprító sorra, ahol megtörténik a fémhulladék elválasztása. A végen a hulladékot pelletté préselik össze.

A kész pelletet betöltik a magas hőmérsékletű plazmakonverterbe (MHPK). Úgy szintén a plazmatrónokon keresztül a MHPK-ba bevezetik a plazmaképző gázáramot (széndioxid és oxigén keverékét). Az MHPK-ban a hulladékok elgázosodnak és átalakulnak folyékony salakká, amelyet a konverter alsó részének nyílásán keresztül lecsapolnak, és pirolízis gázzá alakítanak, amelyet a MHPK-ból fúvókán keresztül elvezetnek.

A 1200-1400 °C-ra felhevített pirolízis gáz bevezetésre kerül a vízmelegítő hulladékhő hasznosító kazánba, ahol 300-350 °C-ra lehűl és ezt követően tovább megy a nedves gáztisztítóba. A gáztisztító rendszer szkrubberből és ráépített abszorberből áll. A szkrubber a pirolízis gáz hűtésére, savas gázok és lebegő részecskék elnyeletésére, az abszorber pedig a kénvegyületektől történő kiegészítő tisztítására szolgál.

A nedves tisztítás után a pirolízis gáz a széndioxid leválasztó berendezésbe megy és a széndioxid leválasztása után gáztároló pufferbe kerül. A pirolízis gázból kinyert széndioxid gázt tisztítás után oxigénnel keverik össze és beadagolják a MHPK-ba, ahol ez a keverék plazmaképző gázként kerül hasznosításra. A gáztároló pufferből a pirolízis gázt a gázturbinás erőmű gőz-gáz turbinás blokkjába vezetik.

A gázturbinás erőmű gázturbina kipufogó gázainak hőenergiáját hulladékhő hasznosító gőzfejlesztő kazánban hasznosítják, ahol magas nyomású gőzt állítanak elő a gőzturbina számára, amely meghajtja a generátort.

A pirolízis gáz hűtését végző vízmelegítő hulladékhő hasznosító kazánban előállított forró vizet bevezetik azokba a hulladékhő hasznosító kazánokba, amelyekben hasznosítják a kipufogó gázok hőenergiáját, és így többlet hőenergiát állítanak elő a gőzturbina üzemeltetéséhez.

A vízelőkészítő rendszer, amely gőz-gáz turbina blokk része, biztosítja a megfelelő vízminőségét a hulladékhő hasznosító gőzfejlesztő kazánokban történő magas nyomású gőz előállításához. A gőz-gáz turbinás blokk gőz-gáz ciklusban működik és villamos áramot és hőt állít elő a belső és külső villamos és hőenergia felhasználók számára. A hulladékhő hasznosító kazánból kilépő fáradt gázok a széndioxid leválasztó berendezésbe, és a széndioxid leválasztása után a gázkivezető kéményen keresztül a légkörbe kerülnek, a környezetre ártalmatlan gázkibocsátás formájában. Ezt a környezetet nem károsító gázkibocsátást emissziós környezetvédelmi rendszerrel ellenőrzik.

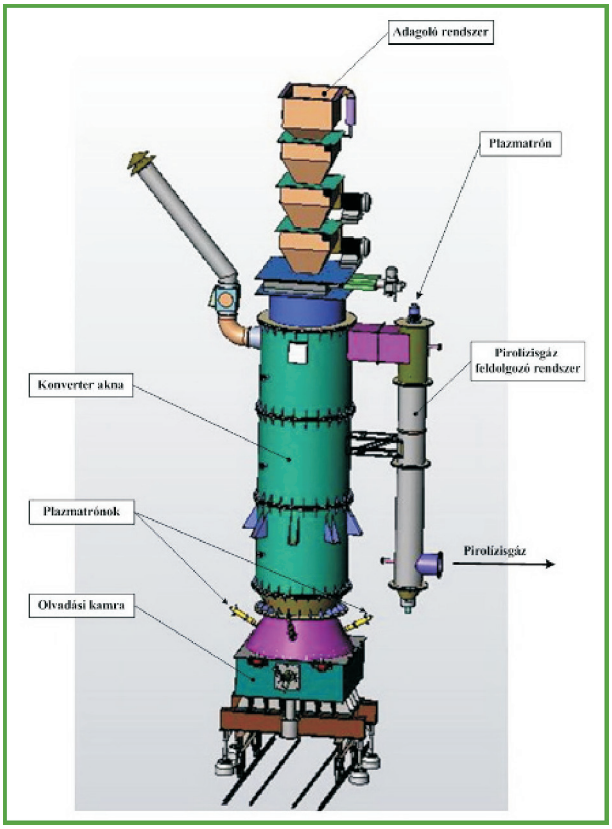
A gázturbinák indításához és működésének szabályozásához biogázolajat használnak, amelyet speciális technológiával állítanak elő algákból. A hulladékhő hasznosító kazánokból kikerülő fáradt gázokból leválasztott széndioxidot felhasználják a biogázolaj előállítását végző berendezés üzemeltetéséhez.

## MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ PLAZMAKONVERTER

A magashőmérsékletű plazmakonverter (MHPK) a háztartási szilárd (HSzH) és az ipari hulladékot (IH) feldolgozó komplexum kulcsfontosságú eleme, ami a HSzH és az IH kontrollált elgázosítására szolgál.

A MHPK felépítése és működési módja lehetővé teszi a belépő hulladékok teljes konverzióját ökológiailag maximálisan ártalmatlan termékekké: üvegesített salakká, ami ellenáll a környezet romboló hatásainak, valamint jó minőségű pirolízis gázzá, a lehető legalacsonyabb mérgező anyag tartalommal, különösen a dioxinok, furánok, policiklusos aromás szénhidrogének vonatkozásában.

Szerkezetileg a MHKP több alapelemből áll, amelyek optimalizáltak a hulladékok maximális konverziója és az üzemzavarok fellépésének minimalizálása érdekében:




**Beadagoló rendszer**

A beadagoló rendszer három rekeszből áll, melyeket mozgatható tolókapuk (síberek) választanak el. A MHPK-ba belépő hulladék rekeszről rekeszre mozog, majd az alsó rekeszből a konverteraknába kerül. A beadagoló rendszer ilyenféle felépítése teljesen kizárja annak a lehetőségét, hogy a MHPK-ból származó pirolízisgáz a levegőbe jusson a betöltés ideje alatt.

**Olvasztókamra**

A beadagoló rendszer alsó rekeszéből behulló hulladék a gravitációs erő hatása alatt gyorsan átjut a konverteraknán és a töltőnyíláson keresztül az olvasztókamrában lévő olvadt salak felszínére kerül. Az olvasztókamrában 4 db, egyenként 600 kW-os teljesítményű plazmatron van elhelyezve. A plazmatronok 3000 °C-t is meghaladó hőmérsékletű plazmaáramokat generálnak, melyeket arra a töltőnyílás alatt elhelyezkedő területre irányítanak, ahova a hulladék behullik. A magas hőmérséklet hatására a hulladék szerves komponensei gyorsan és teljes mértékben elgázosodnak, és emellett a plazmaáramok teljesen megakadályozzák újabb bonyolult szerves komponensek létrejöttét, többek között a furánokat és dioxinokat is beleértve. A szervetlen komponensek a magas hőmérséklet hatására híg olvadékot képeznek, amit a képződés mértékének függvényében lecsapolnak a konverterből. Az olvadék kihűlésekor üvegszerű, kémiailag rendkívül stabil salak keletkezik, ami megbízhatóan magába zárja a feldolgozott hulladékban lévő szennyező nehézfémek elegyét.

**Konverterakna**

A konverteraknán keresztül az olvasztókamrába kerülnek a hulladékok, az olvasztókamrából pedig elvezetésre kerül a pirolízisgáz. Az akna átmérője nagyobb, mint az olvasztókamra átmérője. Egy ilyen szerkezet lehetővé teszi a) a hulladékok akadálymentes bejutását az olvasztókamrába és b) a pirolízisgáz alacsony sebességű áramlását az aknában. A pirolízisgáz 1400 °C körüli hőmérséklettel rendelkezik amikor kilép az olvasztókamrából, és 1200 °C körüli hőmérséklettel, amikor kilép az aknából. A gáz olvasztókamrabeli tartózkodási ideje meghaladja a 2 másodpercet, ami biztosítja a bonyolult szerves molekulák szétesését kismolekulás gázokká ($CO_2$, $H_2$, $CH_4$, $H_2O$).

**Konverziós kamra**

A konverteraknából kilépő pirolízisgáz egy 200 kW teljesítményű plazmatronnal ellátott konverziós kamrába kerül, ahol a gázáram közvetlenül a plazmaáramba van belevezetve. A konverziós kamrában a plazmaáram magas hőmérsékletének hatására bármilyen szennyező vegyület elbomlik, amelyik a szintézisgázba kerülhetett akkor, amikor az érintkezett a konverterbe belépő hulladékkal. Ezen felül, az olvasztókamrából kilépő szintézisgáz által kihordott hamu teljes elgázosítása is megtörténik a konverziós kamrában. A konverziós kamrából a pirolízis gáz a hulladékhő hasznosító kazánba kerül, ami egy speciálisan megépített hőcserélő, ez biztosítja a pirolízisgáz gyors lehűtését („edzését") avégett, hogy megakadályozza dioxinok, furánok és más toxikus vegyületek képződését.

**Plazmatron komplexum**

A konverter plazmatron komplexuma négy 600 kW teljesítményű, és egy 200 kW teljesítményű plazmatronból áll, amik a hulladék és a pirolízisgáz megfelelő hőmérsékletre történő felmelegítését biztosítják. A plazmatronok munkaközege gyanánt széndioxid gáz és oxigén keveréke van fölhasználva. A nitrogén hiánya a plazmaalkotó gáz keverékében lehetővé teszi a toxikus nitrogén oxidok ($NO_x$) keletkezésének jelentős csökkentését.

**Füstgázelszívók (az ábrán nincsenek jelölve) és biztonsági szelep**

A füstgázelszívók a pirolízisgáz konverterből történő elvezetését, valamint a konverterben történő csökkentett nyomás fönntartását szolgálják. Mivel a konverterben lévő nyomás alacsonyabb az atmoszférikusnál, így az

MHPK falának sérülése esetén teljes mértékben kizárható a pirolízisgáz atmoszférába jutása. A biztonsági szelep a konverterben hirtelen fellépő magas nyomás esetén hivatott a pirolízisgázt elvezetni.

A magashőmérsékletű plazmakonverter ilyen módon biztosítja a háztartási szilárd és ipari hulladékok ökológiailag tiszta földolgozását, és eközbeni értékes termékek kinyerését: jó minőségű pirolízisgázt, ami alkalmas kémiai feldolgozásra vagy erőművekben történő eltüzelésre, valamint kémiailag stabil üvegesített salakot, ami ásványi hőszigetelő gyapotok, vagy kerámiai termékek gyártásához használható.

# MÁSODIK VÁLASZ:
# ALGÁBÓL ENERGIA

## AZ ALGA-BIODÍZEL

Mivel a kőolajtelepek idővel alighanem kimerülnek, mi több, a rendelkezésre álló készletek kitermelése egyre nehezebb, az olaj pedig egyre drágább, mind nagyobb az igény az alternatív üzemanyagok iránt. Ilyenek például a biológiai eredetű olajok, amelyeket repcéből, szójából, napraforgóból, pálmafából, fenyőgyantából, használt sütőolajból, vagy állati zsiradékokból állítanak elő, és amelyek kitűnően használhatók dízelmotorokban.

Amerikai kutatók, valamint a magyarországi kutatócsoportunk most a biodízel új formájával kísérleteznek: az ehhez szükséges olajokat algák segítségével állítják elő. Szerintük ez a módszer messze hatékonyabb, mint a hagyományos mezőgazdasági művelés.

Bár tavakban nevelt algákat már egy ideje használnak biodízel-alapanyagként szolgáló olajok előállításra, az ilyen, a szabad levegővel közvetlenül érintkező rendszerekben számos probléma adódik: nagy a víz párolgási vesztesége, valamint szennyező anyagok, por és idegen, az olajtermelést megzavaró algafajok is bekerülhetnek a medencékbe.

A texasi Valcent Products, valamint vele párhuzamosan az Innovum Kft. fejlesztett ki zárt bioreaktort. Ebben olyan parányokat nevelnek, amelyek minimális tápanyagszükséglet mellett a legtöbb, megfelelő összetételű olajat termelik – ideális esetben sejtjeik tömegének legalább felét teszik ki az üzemanyagként hasznosítható vegyületek.

Hogy a hozamot fokozzák, az algákat ráadásul nem vízszintes, hanem függőleges elrendezésben szaporítják: átlátszó, egymással párhuzamosan lelógatott műanyag csövekben, amelyekkel egységnyi területen nagyságrendekkel nagyobb együttes felület érhető el, mint a hagyományos medencékben, vagy a megszokott növényfajtákból, földeken. Így a rendszer hozama hektáronként évente csaknem 1 millió liter olaj, szemben például a szójával, amelyből ugyanekkora területen mindössze 500 liter nyerhető.

A Valcent, valamint a Havaria Klaszter kutatói jelenleg az olajtermelésre legmegfelelőbb algafajokat és a nevelésükhöz szükséges költségkímélő tápoldatot keresik, továbbá a rendszer üzemeltetésének környezeti hatásait elemzik.

Egy ukrán feltaláló a testsúlyukat negyvenóránként megduplázó algákkal kísérletezik, és azt állítja, olcsó üzemanyagot ad a világnak.

Speciális készülékekben tenyésztett algából állít elő gépkocsi meghajtására alkalmas biodízel olajat a dnyipropertrovszki feltaláló. A moszatból nyert bioüzemanyag ipari méretekben való előállításában reménykedő Petro Csernov a kijevi Fakti napilapnak elmondta, hogy a tudósok már a múlt század közepén felvetették a moszatok ilyen célú felhasználásának ötletét.

Az újság fényképeket is közöl a karvastagságú üvegcsövek rendszeréből álló berendezésről, amelyben az alga szaporodik. A feltaláló elmondása szerint a rendkívül gyorsan osztódó növényparányokat 24 fokos állandó hőmérsékleten tartja. A meleget olyan dízel-áramfejlesztő biztosítja, amely algaüzemanyaggal működik.

A megfelelő mennyiségűre szaporodott moszatot Csernov tízóránként „lehalássza”, a masszából kipréseli az olajat, a visszamaradó, állatok etetésére alkalmas préspogácsát pedig eladja. Mint vázolta, az általa használt különleges algafajnak igen nagy, legalább 80 százalékos a zsírtartalma. A moszattenyészetet egy kutatóintézettől kapja.

A növényparányok szaporodási sebességére jellemző - tette hozzá -, hogy megfelelő környezet esetén 4 óránként megduplázzák a saját tömegüket. A táptalajukul szolgáló közeget a feltaláló olcsó kémiai vegyületek és nyomelemek speciális keverékéből állítja elő. Szerinte a befektetés gyorsan megtérül - az általa nyert biodízel literjét mindössze 2,2 hrivnyáért (kb. 73 Ft) értékesíti.

Csernov azt is elmondta, hogy tankolásnál az ipari és a biodízel olajat megfelelően 60 és 40 százalék arányban keveri, ám gépkocsija kipufogógázában a szokásosnál 70 százalékkal kevesebb a káros anyagok aránya. A találmánya jövőjét illetően optimista feltaláló szerint az algás „bioüzemanyag-reaktor” iránt komoly érdeklődés mutatkozik, három berendezést már eladott, ezek Ukrajna különböző helyein működnek.

Valószínűleg jó ideig nem fogja még teljes mértékben kiváltani a bioenergia a fosszilis energiahordozókat, de arra számítani lehet, hogy egyre nagyobb arányban szerepel majd az energiamixben.

A bioenergia térhódítását tovább segítheti az amerikai kutatók új fejlesztése is, az algákon alapuló biodízeltermelés; ennek során szabályos bioüzemekben állítják elő az egysejtű növényekből az olajat.

„Olajfinomítójuk” megtervezésekor a Colorado State University kutatói abból indultak ki, hogy egyes algafajok esetében akár a sejtek tömegének felét is olajok tehetik ki, míg ugyanez az arány a biodízel termelésére már üzemi méretekben alkalmazott pálma esetében mindössze 20 százalék; egységnyi művelt területre számítva az algák olajhozama például 200-szorosa a szójának. Ráadásul a parányok állandóan szaporodnak, így „termésük” évszaktól függetlenül naponta betakarítható.

A megfelelő hatékonyság érdekében a kutatók sajátos „fotobioreaktorokat” terveztek, amelyeket egy szennyvíztisztítóhoz hasonló telep formájában valósítanak meg. Itt, a más algákkal való keveredés megelőzése érdekében, zárt medencékben nőnének a megfelelően kiválasztott növénykék, amelyeknek a szaporodáshoz mindössze vízre, fényre, némi ásványi anyagra, no meg szén-dioxidra van szükségük. Érdekesség, hogy ez utóbbit gyárak, vagy más erőművek kibocsátásából fedeznék, ehhez a rendszert ezek közelében telepítenék.

Az egyetem tudósai Solix Biofuels néven vállalatot is alapítottak, amely már hozzákezdett az első olajtelep megvalósításához. Terveik szerint két éven belül a hagyományos bioüzemanyagokkal versenyképes alga-biodízellel jelennek meg.

Amerika komoly erőfeszítéseket tesz, hogy a jövőben ne függjön a fosszilis tüzelőanyagoktól. A 237-ik Ame-

rican Chemical Society nemzeti találkozóján bemutattak egy, az eddig ismerteknél gazdaságosabb eljárást a bioüzemanyag előállítására algából.

Ben Wen, a kutatás vezetője örömmel tudatta, hogy az övék az első gazdaságos olaj-előállítás az algából. „A hagyományos költségekkel szemben, a gyári szükségletek is kisebbek, kevesebb gondot kell fordítani a vízelvezetésre, nem beszélve arról, hogy a folyamat maga sokkal gyorsabb". Számításaik szerint az összköltség akár 40%-kal is csökkenthető. Fontos szempont, hogy a meglévő bioüzemanyag-infrastruktúra tökéletesen megfelel az eljárásnak, és az alga hatalmas mennyiségben áll rendelkezésre, a jelentősebb vizekben, legyen szó óceánokról, folyókról vagy tavakról, könnyedén elérhető, tehát az alapanyag-ellátás folyamatos és fix. A növény olaj/hektár produkciója pedig 300-szor több mint a szójababé.

A másik fontos eredmény, hogy az eljárás vége szennyvízmentes. Ennek egyik oka a folyékony katalizátor helyettesítése szilárddal. A szilárd megoldás még több előnyt hordoz.

Míg a folyékony katalizátor nem használható fel újra, addig a szilárd igen, így folyamatos gyártást tesz lehetővé. A folyékony technika emellett időigényes is, mivel minden frissen előállított biodízelben kimutatható a katalizátor, amit még meg kell tisztítani sav hozzáadásával. A szilárd katalizátorral ez a procedúra megkerülhető. Továbbá, kisméretű mobilegységekben lehet szállítani, így a vállalkozásoknak nem szükséges óriási erőműveket felhúzni a tevékenység megkezdéséhez.

A csoport jelenleg egy kísérleti program során teszteli a folyamatot, és állítják, a termelési kapacitás ezzel az eljárással 1 millió gallon évente; egy jól felszerelt gyárban, megfelelő algaellátással évente akár 50 millió gallon biodízel is előállítható.

Az Exxon Mobil már tavaly bejelentette, hogy a Synthetic Genomics-szal kialakított együttműködésben algabázison alapuló bioüzemanyag fejlesztésen dolgozik.

Az alternatív energia alapanyagok közül egyedül az alga alkalmas arra, hogy olyan tömegben állítsanak elő belőle üzemanyagot, amely kielégíti a közlekedés jelenlegi igényeit – jelentette ki Juszuf Chisti az új-zélandi Massey Egyetem biokémiai tanszékének professzora.

A mikroalgák egységnyi területen háromszázszor akkora termést hoznak, mint a szójabab vagy egyéb biodízel alapanyagok, s a lassan növekvő, vadon tenyésző fajták olajtartalma akár 80 százalék is lehet. A génmódosított fajták ezzel szemben „csak" 35-45 százaléknyi olajat tartalmaznak, de fejlődésük sokkal gyorsabb, mint vadon tenyésző társaiké. Ráadásul a génmódosított fajták tulajdonságai a termesztés körülményeihez igazíthatók, így képesek elviselni a kiugróan sós környezetet, illetve az extrém meleget is, s még az olajtartalom is befolyásolható.

A mikroalgák fotoszintézise okán két legyet ütünk egy csapásra: csökken a szén-dioxid koncentráció, s ugyanakkor megújuló energiaforrást használunk. További előnye az algának, hogy 20-40-szer jobban hasznosítja a napfényt, mint az átlagos növények, s alkalmazásakor föl sem vetődik az élelem vagy üzemanyag dilemma.

Ugyanakkor ahhoz, hogy valóban széles körben elterjedjen az alga, mint bioüzemanyag forrás, számos problémát kell még megoldani. Az algáknak csak néhány fajtája alkalmas a biodízel előállítására, ezzel szemben bármely algából lehet biobenzint gyártani. A jelenleg gyártott alga alapú üzemanyagok önmagukban nem alkalmasak a felhasználásra. A dízel autók motorja csak átalakítás után képes használni az algából készült biodízelt, de a benzin is csak keverve használható. Ennek oka, hogy a létező technológiákat a kőolaj alapanyaghoz alakították ki.

Reményt ad a gyártási költségek csökkentésére, illetve megosztására, s ezzel a gazdaságos termelésre, hogy számos használható melléktermék keletkezik a gyártás során. Így B és C vitamin, valamint béta-karotin, s ezek igen drágán értékesíthetők. A proteint és szénhidrátot tartalmazó „úgynevezett" hulladék pedig állateledelként, illetve metántermelésre használható. Az alga lehet az az alapanyag, amelyre a bioüzemanyag ipar épülhet a jövőben, s biztosíthatja a fenntartható fejlődést. A Raffaello Gerofalóval, az Európai Alga Biomassza Szövetség ügyvezető igazgatójával készített euractiv.com interjúból az is kiderül, hogy az iparszerű termelést nem sokára meg lehet kezdeni.

Az algák hatalmas előnye abban rejlik, hogy mint harmadik generációs üzemanyagforrások feloldják az élelmiszeripar és a bioüzemanyag-ipar közötti ellentéteket. Ugyanis nem a hagyományos élelmiszerek valamelyikét használja alapanyagként, hanem a Föld kétharmadát borító óceánok „ingyen" rendelkezésre álló algáit.

Bár azt még nem döntötték el, a számos alfaj közül melyik a legideálisabb az üzemanyaggyártásra, az bizonyos, hogy bármelyiket is választják, hatékonyabb lesz, mint az eddig használt kukorica vagy a cukornád. Ennek magyarázata, hogy az algák döntő többsége naponta képes megduplázni önmagát. Legalább ekkora előnye a technológiának, hogy egyetlen négyzetméter termőföldet sem kell kivonni a termelésből, s akár az eddig terméketlen területek is fölhasználhatók algatenyésztésre.

Garofaló szavai szerint jelenleg két algatenyésztési technológia ismert, a mesterséges, úgynevezett fotobioreaktoros és szabad ég alatti. A mesterséges tenyésztés ugyan drágább, de hatékonyabb is, mert jól szabályozható, s ezért érdemes a technológia további fejlesztésével foglalkozni. Annál is inkább így van ez, mert az algák a szennyezett vizekben szaporodnak a legjobban, s járulékos haszonként a telepre vezetett szennyvíz megtisztultan távozhat a mesterséges algatelepről.

A technológia ipari méretekben már majdnem kidolgozott, de azért jelentős erőfeszítésekre van szükség a gazdaságos termelési módszerek megtalálásához. Miután az algáknak csak negyede-harmada használható üzemanyag termelési célra, megoldást jelenthet a melléktermékek hasznosítása. Az ezzel kapcsolatos kutatások élén Franciaország áll, ahol a Roquette programban egy élelmiszer előállító cég a melléktermékek gyógyászati és élelmezési célú felhasználásával kapcsolatos kutatásokat finanszíroz.

Míg folyamatos támadás éri a tradicionális bioüzemanyagokat az élelmiszerárak emelkedése és a

környezet pusztítása végett, szakértők már megkezdték az algákkal, mint lehetséges alternatívákkal való kutatást.

**Mérföldkövek**

2008. december: Az EU vezetői megállapodást kötnek egy megújuló energiáról szóló javított irányelvről. A természetes üzemanyagok részesedésére 2020-ra 10 százalékos célt határoznak meg.

2010. december 5.: A megújuló energiaforrásokról szóló direktíva adoptálásának határideje minden EU-tagállamra nézve. Az üvegházhatást okozó gázok megújuló energiaforrások általi csökkentése el kell, hogy érje a 35 százalékos értéket.

2012: Az EU országok bemutatják az első jelentést a bioüzemanyagok fenntarthatóságát illető nemzeti intézkedésekről.

2014. decemberig: A Bizottság felülvizsgálja az üvegházhatást okozó gázok kibocsátás-csökkentésének küszöbértékeit – a már meglévő technológiák figyelembevételével.

2017: Az üvegházhatást okozó gázok megújuló energiaforrások általi csökkentése el kell, hogy érje az 50 százalékot.

2018: Az üvegházhatást okozó gázok megújuló energiaforrások általi csökkentése el kell, hogy érje a 60 százalékot.

2018: A Bizottság bemutatja a megújuló energiáról szóló útitervet a 2020. utáni időszakra.

2020: A szállítási szektor energiaigényének 10 százalékát megújuló energiaforrásokból kell, hogy fedezze – beleértve a fenntartható bioüzemanyagokat is.

**Összefoglalás**

Az energiaügyi- és klímacsomag tárgyalásának részeként az EU arra a megállapodásra jutott, hogy közlekedési energiaigényét 10%-ban megújuló forrásokból – bioüzemanyagokból, hidrogénből és természetes energiából fogja fedezni.

Az EU megújuló energiaforrásokról szóló irányelv szerint a közlekedési szektorra vonatkozó 10 százalékos értéket minden tagállamra a közlekedésben felhasznált végső energia tekintetében kell értelmezni és nem csak a bioüzemanyagok, hanem az összes megújuló energiaforrást számításba kell venni.

A direktíva arra kötelezi az államokat, hogy bioüzemanyagokkal a fosszilis energiahordozókhoz képest legalább 35 százalékos kibocsátás-csökkenést érjenek el. Ez az érték 2017-re 50 százalék, 2018-ra 60 százalék kell, hogy legyen.

Bizonytalanság köthető a jelenleg már használatos ún. első generációs bioüzemanyagok (biodízel és bioetanol) fenntarthatóságával kapcsolatos aggodalomhoz. Ezek mind mezőgazdasági terményekből - kukoricából, cukorrépából, pálmaolajból és repcemagból - készülnek.

Az irányelv szerint az EU-nak lépéseket kell tennie a második-és harmadik generációs bioüzemanyagok elterjedése érdekében mind a Közösségen belül, mind pedig a világ más tájain, valamint fokoznia kell a mezőgazdaság terén folytatott kutatásokat és az ún. „knowledge creation"-t [tudásteremtés], amit az irányelv magyar fordításában nem is találunk meg, de leginkább a szaktudás megszerzésének ösztönzéseként fordíthatunk le.

**Főbb témák**

A második generációs bioüzemanyagok kihívásokkal szembesülnek. Miután az első generációs bioüzemanyagokat az élelmiszerárak felhajtásával és a biodiverzitás fenyegetésével kapcsolatos támadások érték, az EU a második generációs megoldásokhoz, mint tisztább alternatívákhoz fordult.

A második generációs bioüzemanyagok ligninescellulózos biomasszából készülnek, melyet a növények fás részéből nyernek ki, nem versenyezve ily módon az élelmiszer-termeléssel. Termések maradványai is üzemanyagforrást jelentenek, így levelek, fakéreg, szalma, avagy a kukorica és a cukornád nem ehető részei.

A fás biomassza folyékony cukrokká alakítása ugyanakkor költséges technológiákat igényel, többek között előkezelést és speciális enzimekkel történő erjesztést, mely azt eredményezi, hogy a második generációs bioüzemanyagok egyelőre nem állíthatók elő nagy mennyiségben gazdaságosan.

„Nem valószínű, hogy a második generációs bioüzemanyagok versenyképesek lesznek az első generációsokkal szemben" – állította az Európai Bizottság kutatóközpontja egy tanulmányban, 2008-ban. „Ha mégis így történne, akkor is nagyrészt importált biomasszát kellene felhasználni" – tették hozzá. A legfrissebb tanulmányok már kimutatták, hogyha Európa tovább is fenn szeretné tartani jelenlegi faiparát, akkor nem lenne elég fa az energiaszükséglet kielégítésére.

Algák: Magas hozam – földterületért folytatott verseny nélkül

Ezen problémák leküzdése végett egyesek már az ún. harmadik generációs bioüzemanyagokhoz fordultak.

Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma kizárólag bizonyos üzemanyag-előállítás céljából ültetett terményeket tart harmadik generációsnak, így pl. évelő füveket, gyorsan növekvő fákat és algákat. Ezeket a növényeket nem mezőgazdasági-élelmezési céllal termesztik és különösen magas százalékban tartalmaznak biomasszát.

Ezek közül is kiemelkednek az algák. A Föld leghatékonyabb organizmusainak tartják őket – kiemelkedően magas növekedési ütemük (egyes fajták egy nap alatt meg tudják kétszerezni biomassza tartalmukat) és magas olajtartalmuk miatt.

Az algákból történő olaj-előállításra irányuló kutatások főként a mikroalgákra vagy a fitoplanktonokra koncentrálnak.

Ezek olyan fotoszintézisre képes organizmusok, mely kevesebb, mint 0,4 mm átmérőjűek.

„Az algák időben és térben hatékonyabban állítanak elő biomasszát és bioüzemanyag molekulákat, mint bármely más növény a Földön" – állítja Greg Mitchell, a Kaliforniai Egyetem Scripps Tengerkutatási Intézetéből. „Az algák hektáronként évente 100-szor több növényi olajat tudnak termelni, mint pl. a szójabab, és tízszer többet, mint az olajpálma." – mondta a Szellemi Tulajdon Világszervezete kiadványának, a Magazinnak.

Az amerikai olajóriás, az ExxonMobil nemrégiben 600 millió dolláros K+F projektet végzett a témában. E szerint hektáronként az algákból lehet legtöbb üzemanyagot termelni - más fajok hozzávetőleges hozama jóval alacsonyabb, így például (hektáronként, évente):

Pálma: 650 gallon (2463 liter)
Cukornád: 450 gallon (1705 liter)
Kukorica: 250 gallon (947 liter)
Szója: 50 gallon (190 liter).

Következtetésként megállapítható, hogy az algáknak sokkal kevesebb termőterületre van szükségük, mint a hagyományosan bioüzemanyag előállítására használt növényeknek. Ez lehetőséget teremthet az élelmiszertermelés és a növekvő számú energiaültetvény-telepítés között húzódó potenciális ellentét megszüntetésére.

Az algák számos más előnnyel is rendelkeznek. A magasabb terméshozamok mellett kiemelendő, hogy óceánban vagy szennyvízben is megélnek. Így nincs szükség arra, hogy öntözés céljából a szűkösen rendelkezésre álló édesvíz készletekhez csatlakoztassák őket.

Az algák legjobban tengervízben nőnek, mely szinte korlátlanul rendelkezésre áll, mondta Raffaello Garofalo, az Európai Alga Biomassza Szövetség (EABA) elnöke. A mikro-organizmus különösképp kedveli a szennyezett tengervizet, amely exponenciális mértékben segíti a növekedésben.

Minden szennyezett tengervízben megjelenik az eutrofizáció (elnövényesedés), mely jelen esetben az algák 'túlnövekedését' jelenti – állítja Garofalo. Pontosabban fogalmazva, a szennyezés többlet-tápanyagot biztosít az algáknak, melyek így exponenciális mértékű növekedésnek indulnak.

A szakértők fotobioreaktornak nevezik az olyan rendszereket, melyekben az algákat műanyag vezetékeken keresztül szennyezett vízzel táplálják. Az algák tápanyagként nyelik el a szennyeződést, a bevezetett vizet ezért tisztábban lehet visszaengedni a tengerbe, mint ahogyan beengedték - magyarázza. Eközben az algák biomasszává nőnek, melyet aztán fel lehet használni bioüzemanyagokhoz.

A fentiek eredményeként az algákat félreeső területeken is lehet termeszteni, így például sivatagokban, ahol sós a talajvíz. Ezen kívül az olaj-és gázipar melléktermékeként létrejövő szennyezett víz is felhasználható táplálásukra.

A mikroalgák gyorsabban nőnek, ha szén-dioxiddal, vagyis az üvegházhatásért leginkább felelős gázzal táplálják őket. A széndioxid fotobioreaktorba történő bevezetésével a növények gyorsabban nőnek, ami egyúttal a káros gáz egy újrahasznosítási formáját jelenti.

Ha az algatelepeket gyárak, avagy erőművek mellé telepítenék, akár az ipari károsanyag-kibocsátás csökkentésére is alternatív lehetőség nyílna.

„Így például alga telepíthető egy cementgyár, avagy egy hőerőmű mellé és a melléktermékként keletkező szén-dioxid bevezethető a bioreaktorba." – magyarázza Garofalo. „Ezt azt jelenti, hogy a káros gáz, ahelyett, hogy a kéményen keresztül távozna, a bioreaktorba kerül – segítve az algatermesztést. Így másodszor már üzemanyagként kerülne elégetésre, és csak ezután távozna az atmoszférába. Így ugyanaz a mennyiségű szén-dioxid kétszer lenne „használható".

Arizonában a Greenfuel magántársaság egy nagyméretű alga-bioüzemanyag telepet épített ki, mely a közeli erőmű, az Arizona Public Service Redhawk széndioxid-kibocsátását hasznosítja. A létesítmény 2005-ben kezdte meg működését és 2006-ban elnyerte az egyik vezető globális energiaszolgáltató, a Platts Emissions Energy Project of the Year díját.

A Carbon Capture Corporation egy amerikai vállalat, mely a születő félben lévő, alga-alapú bioüzemanyagpiac vezető pozícióját tűzte ki magának célul. Alelnöke, Bernard Raemy elismerte, hogy az algák egy sor kihívással néznek szembe. A WIPO magazinnak elmondta, hogy „ezek a nehézségek az algák betakarításában, víztelenítésében, szárításában, valamint a lipidek kivonásában és konverziójában rejlenek". „Összehangolt kutatásokra van szükség, hogy az eredmények a laboratóriumokon túl a földeken is hasznosíthatóak legyenek" – mondta Raemy.

Az Egyesült Államokban számos K+F tevékenységre került sor az 50-es évektől kezdve. A legnagyobb az ún. „Vízi Fajok Program" volt, melyet az USA energiaügyi minisztériuma 1978-ban hajtott végre. A program azon törzsek megtalálására fókuszált, melyek a lehető legnagyobb hozamot produkálják, a legnagyobb lipidtartalommal rendelkeznek és ellenállnak a hőmérséklet-ingadozásnak – főként szabadtéri tavakban.

Több, mint 3000 mikroalga fajt gyűjtöttek be és vizsgáltak meg, majd ez a szám idővel 300-ra szűkült. Végül egy olyan fajt sem találtak, mely valamennyi éghajlati és vízi körülményhez megfelelne. A programot 1996-ban leállították, mikor is az amerikai üzemanyagárak komoly csökkenésnek indultak.

Az Amerikai Nemzeti Megújuló Energia Kutatóintézet szerint a szabad ég alatti tavakban történő tömeges algatermesztés számos nehézséggel néz szembe, így:

- A hőmérséklet-ingadozással, mely befolyásolja a növekedést és a termőképességet,
- Az őshonos mikroalgafajták inváziójával, melyek kiszoríthatják a termesztett fajokat,
- A párolgás miatti vízveszteséggel,
- Valamint a tavakban termesztett algák alacsonyabb lipidtartalmával.

A fotobioreaktorban történő termesztés során olyan kérdések merülnek fel, mint:

- Megtalálni a megfelelő műanyagot, avagy üveget a vezetékekhez annak érdekében, hogy megakadályozzák, hogy az algák elnyeljék és akadályozzák a fényt,

- A vezetékeken történő vízszállítás költsége az algák sivatagos területen történő termesztése esetén,
- Valamint a berendezések magas fenntartási költsége.

Még mindig kérdéses, hogy az algákat fotobioreaktorokban, avagy tavakban a legérdemesebb tenyészteni. A legfőbb problémát mégis az üzemanyag-előállítás céljából történő algatermesztéshez szükséges berendezések és felszerelések magas költségei jelentik.

A legtöbb alga-berendezéssel kapcsolatban még mindig alapvető kutatásokat folytatnak – mondta Garofalo az EABA-tól. „További kísérletek folynak arról, hogy mely algafajták lesznek a legalkalmasabbak a bioüzemanyag-előállításra. Kutatnak továbbá arról is, hogy melyik lehet a legjobb bioreaktor típus, valamint a benne használatos műanyagot illetően is."

A következő kérdés az algák betakarításával kapcsolatos. „Mivel az algák még a hajnál is tízszer kisebb mikroorganizmusok, nem lehet például egy egyszerű hálóval 'learatni' őket" – magyarázza Garofalo.

A betakarítás történhet centrifugálással, avagy kémiai csomósítással, mely a mikroalgák összenyomását jelenti, ám e folyamatok is magas költségekkel járnak együtt.

Az Európai Bizottság FP7 kutatási programja szerint az algák betakarítása és az olaj kinyerése jelentik a legkritikusabb lépéseket az alga-bázisú bioüzemanyagok előállítása során.

Az Aquafuels nevű projekt célja, hogy összehozza a kutatókat és az ipar lehetséges szereplőit az európai algakutatás korszerűsítése és hasznosítása érdekében.

Mivel az olajárak ismét magasak, az algakutatások megújult lelkesedéssel folynak. A génmódosítás új lehetőségeket nyitott meg a kutatásban, új lehetséges algafajtákat tesztelnek. A 2008 októberében kiadott amerikai nemzeti bioüzemanyag-akcióterv a genetikus tervezésre épít: „Új, harmadik generációs tápanyagokat kell kifejleszteni, hogy fejleszthessük az algák ellenálló képességét a szárazsággal és más igénybevételekkel szemben, növelhessük a műtrágya- és vízfelhasználás hatékonyságát és, hogy minél könnyebbé tegyük az átalakításukat" – írják.

Az Európai Alga Biomassza Szövetség (EABA) szerint a jövő sikerének kulcsa annak felismerése, hogy az algák nem csak bioüzemanyag előállítására használhatók fel.

„Soha nem lesz az algából történő biodízel- és bioetanol előállítás gazdaságos, ha nem gondolunk a melléktermékekre" – állítja Garofalo. „Például biodízel előállításakor az algák csak 25-30 százalékban tartalmazzák a lipidet vagy az olajat. Azonban mi történik a maradék 70 százalékkal? Ezt melléktermeknek (algapogácsának) nevezzük, azonban a súly tekintetében ez ugyanaz a termék" – magyarázza.

Az üzemanyagokon kívül az EABA szerint bizonyos tápanyagokat, gyógyszereket, állateledeleket és más biotermékeket is elő lehetne állítani az algákból. Az algáknak és a vízi biomasszának ezeken a területeken kiemelkedő lehetősége van egy, a teljesen fenntartható gazdaság felé vezető forradalom előmozdításában.

## A FOTOBIOREAKTOR

A fotobioreaktorok (PBR) olyan reaktorok, melyekben fototróf (mikrobiális, alga, ill. növényi sejtek) növekedése, illetve fotobiológiai reakciók végrehajtása folyik. Tágabb értelemben a mikroalgák termesztésére széles körben használt nyitott, sekély medencék ugyancsak tekinthetők fotobioreaktornak.

A zárt fotobioreaktorok olyan tenyésztő rendszerek fototróf szervezetek számára, melyben a fény nagy része (> 90%) nem közvetlenül a tenyészet felszínén hat, hanem áthatolva a reaktor átlátszó falain, hogy elérje a sejteket. A zárt rendszerek nem teszik lehetővé, vagy erősen korlátozzák a tenyészet és a környezet közti közvetlen gázcserét, illetve szennyeződést (por, mikroorganizmusok, stb.). Így sterilebb, axenikus tenyészeteket hozhatunk létre, tarthatunk fenn.

Egyre gyakrabban alkalmaznak bioreaktorokat valamely vegyipari folyamat lejátszódásának támogatására, azaz olyan reaktorokat, amelyekben biológiai anyag (pl. eukarióta vagy prokarióta sejt- vagy szövettenyészetek, vírusok, baktériumok, gombák, sejtszervecskék, enzimek, stb.) közreműködésével zajlik le (bio) kémiai reakció.

A hagyományos kémiai reakciókhoz hasonlóan a bioreaktorok is igényelnek energiaellátást. Az energiaellátás formája függ az alkalmazott biológiai anyagtól, nevezetesen attól, hogy az alkalmazott biológiai anyag milyen típusú energiaellátást képes hasznosítani a végrehajtandó kémiai reakció energiaellátásának érdekében. A bioreaktorok energiaellátását általában valamely tápanyag bevezetésével biztosítják, amelynek metabolizálásával a biológiai anyag saját energiaszükségleteit képes biztosítani, továbbá biztosítja a végrehajtandó kémiai reakció energiaellátását is.

A fotoszintézis földünk egyik legnagyobb energiatermelő folyamata, amelynek során növények, vagy más mikroorganizmusok a rájuk eső fény energiáját hasznosítják saját életfolyamatainak ellátásához. A fotobioreaktorok olyan bioreaktorok, amelyek fotoszintetizálni képes biológiai anyagot tartalmaznak és a bioreaktor energiaellátását a részben vagy egészben a fotobioreaktorra eső fény biztosítja.

**PBR típusok**

Rendszerelméleti szempontból három PBR típust különböztetünk meg. A PBR rendszer-típus megválasztásánál mérlegelnünk kell a termesztési igényeket és a karbantartási/felügyeleti lehetőségeinket. Ezek a költségeinket és azok megtérülését is meghatározzák. Egy laboratóriumba, kis mennyiségű minta előállításához megfelelő a Batch típus, de ipari (energetikai, élelmiszeripari) célokra csak a folyamatos üzeműt használhatjuk.

- A bioreaktor (fermentor) egy edény, melyben a biológiai reakciókat kivitelezzük, bioreakciók helyszíne. A tervezéshez fontos paraméterek a sejt kinetika, az anyagtranszfer és a folyadékkeveredés.

- Bioreaktor szabályozás – hardware és software segítségével a mikroorganizmusok számára fontos környezeti faktorok szinten tarthatók
- Kultúra paraméterei: hőmérséklet, keverési sebesség, nyomás, gázáram, pH, $pO_2$, esetleg $pCO_2$, hígulás mértéke
- Nagy felbontású (elsősorban laboratóriumi méretű és felhasználású reaktorok optimalizálásához) bioreaktorokba lehet on-line OD mérést rakni, szubsztrát koncentráció meghatározáshoz
- Felhasználás: mikroorganizmusok szaporítása, enzim- vagy immobilizált sejtes reakciók
  - Méret: 0,5 - 2 000 000 liter
  - Anyag: üveg-rozsdamentes acél, esetleg műanyag

**Batch-fermentor**

Ez a legegyszerűbb típus. Zárt rendszernek tekinthető. Tulajdonképpen egy zárt edény, amibe először a tápanyag és a mikroorganizmusok kerülnek. Később ebből mindent eltávolítunk, és kinyerjük a termeltetett anyagot. Kitisztítás után a folyamat indul az elejéről. Kezelése egyszerű, de gyorsan felléphet a szubsztrát- és termékgátlás. Valamint általában a mikrobáknál a stacioner fázisban (lag - gyorsuló - exponenciális - lassuló - stacioner - pusztuló fázisok) termeltetnek anyagokat (ekkor van a másodlagos anyagcsere), így a cél ennek megnyújtása lenne, amire ez a módszer szintén nem alkalmas.

**Fed-batch fermentor**

Ez a PBR típus hasonló az előzőhöz, csak itt a táplálást folyamatosan végezzük (ezzel konstans növekedési sebességet érhetünk el), de anyagelvételt nem végzünk, csak a legvégén, amikor szintén mindent ki kell szedni, és lehet újraindítani. E technika célja a stacioner fázis megnyújtása.

**Folyamatos fermentor**

Ez már nyitott rendszer: Folyamatosan táplálunk, és folyamatosan ki is vesszük a terméket, így sokáig szinten tartható. Jól ellenőrizhető és szabályozható, de csak nagy térfogatban működik. Valamint sok figyelmet igényel.

A PBR-ek formáját tekintve, amely gyakorlatilag a tenyésztőedény geometriai adottságait jelenti, ugyancsak három típust különíthetünk el. A geometria megválasztásakor jellemzően a termesztett algafaj élettani tulajdonságait és a gépészetünk paramétereit kell optimális együttállásra bírnunk. Vagyis pl. egy kitapadásra erőteljesen hajlamos Chlamydomonas reinhardtii törzs számára nem alkalmas a kapilláris forma, de a másik két típus esetében sem szabad a 3-4 hüvelykes átmérőt túllépnünk. Ha más okok miatt mégis úgy tervezzük meg az edényzetet, hogy nagyobb belső terekkel számolunk, akkor gondoskodnunk kell valamilyen fizikai kitapadásgátló- vagy azt megszüntető és/vagy keverő megoldásról. Ugyancsak érvényes ez a figyelmeztetés a természetes napfényt használó PRB-kre. A megfelelő szuszpenzió-sűrűség esetén néhány milliméternél mélyebbre nem képes a fény hatolni, így ott a fotoszintézis leáll, és a termelékenység csökken (rosszabb esetben a tenyészet elpusztul).

**Lamináris felépítés**

A lamináris reaktorok egyik nagy előnye, hogy nagy felületen képesek a természetes napfény befogadására. Közkedvelt forma olyan kitapadásra nem hajlamos tenyészetek esetében, ahol a produktivitás jellemzően a megvilágított órák függvénye és a termesztés árérzékenysége miatt költséghatékony megvilágítási módszerre van szükség. Hátrányuk, hogy a kitapadásra hajlamos törzsek a széles lapos formák sarkaiban megülnek. Faltól-falig érő gázadagoló rendszer és porlasztókövek használatával ez a jelenség mérsékelhető. Az üvegfelületek tisztítása mechanikusan is könnyedén megoldható: mágneses vagy emeltyűs szilikon lapátok segítségével.

**Csöves felépítés**

A csöves forma a legelterjedtebben használatos. Optimális átmenetet képez az olcsó, de kevésbé hatékony és a különleges célokra alkalmas, de igen költséges formátumok között. A jellemzően 6-10 cm átmérőjű tenyésztőhengerek megfelelő keringtető rendszer segítségével akár több száz méteres hosszúságban is építhetők. A reaktorok skálázhatók, egy telepen horizontálisan és vertikálisan is terjeszkedve, de a napfénynek mégis utat adva igen nagy térfogatmutatók alakíthatók ki. A csövek készülhetnek üvegből is kisebb laborreaktorok esetén, de jellemzően használt anyag a polikarbonát vagy a közönséges PVC. A csöves felépítés lehetőséget ad olyan körülmények megteremtésére is, ahol mesterséges fény használatával, (adott spektrum engedélyezésével és a többi fény kizárásával egy uralkodó tenyészet számára ideális környezet fenntartása és a konkurens törzsek elsorvasztása) vagy a természetes fénynek a fény elől elzárt területekre (temperáló medence) vezetésével (optikai szálak segítségével) operálunk. Ilyenkor a tenyésztőkamra átmérője akár több métert is elérhet.

A csöves felépítés többféle PBR konfigurációt foglal magába:

- Görgetett edény - olcsó, de a kontroll, és monitor nem hatékony
- Kevertetett tank - keverés keverőlapátokkal, azok kialakítása a nyíróerők szempontjából fontos
- Air-lift bioreaktorok - egyszerű, olcsó, a fertőzésveszély is csökken
- Fluid-ágyas bioreaktor - nagy sejtmennyiség

**Kapilláris és membrán PBR felépítés**

Biokatalitikus reakciók és valamilyen membránszeparációs művelet összekapcsolásával ún. membrán

bioreaktorok alakíthatók ki, ahol a biokonverzió és a szeparáció egy egységben, szimultán játszódik le. A membrán bioreaktorok a szennyvíztisztításban harcoltak ki maguknak speciális helyet az utóbbi időszakban. 1985-ben jelentek meg az első, ún. bemerülő membrán modulok, amelyek áttörést jelentettek a szennyvíztisztításban kicsi energiaigényük és hosszú távon is megbízható működtetésüknek köszönhetően. Ezeket a membrán bioreaktorokat úgy alakítják ki, hogy az ultraszűrő tartományba tartozó pórusos kapilláris membránkötegeket vagy a membránlapokat vízszintesen vagy függőlegesen a bioreaktorba helyezik el, alulról levegőztetik őket, és a permeátumot vákuum segítségével nyerik ki. Így a primer oldalon túlnyomás nélküli „szűrés" játszódik le, s a kialakuló szűrőlepényréteget időről időre el kell távolítani, amit egyrészt egy-egy visszamosási periódus segítségével lehet megvalósítani, nagyobbrészt azonban – s ez jelentette a nagy áttörést e területen – a folyamat során a szabadon mozgó membránkötegek mintegy „lerázzák" magukról az odatapadt szűrőlepényt az intenzív levegőbuborékoltatás hatására. Ezzel energiatakarékos és hosszú távon is megbízhatóan működtethető szennyvíztisztító rendszerek alakíthatók ki. A Magyarországon is jelen levő Zenon cég világelsőnek tekinthető ezen a területen.

A bemerülő membrán bioreaktorok továbbfejlesztett változatai már anaerob rendszerekre is alkalmazhatók, ahol levegőbuborékok helyett a képződő metán, illetve szén-dioxid biztosítja a membránkötegek mozgatását. Az egyik legújabb változat pedig az ún. mozgóágyas biofilm membrán reaktor, ahol a biodegradációért felelős mozgó ágyas biofilm reaktort kombinálják a bemerülő membrán szeparációs egységgel.

Az üreges szálas- vagy kapilláris bioreaktorok felépítése egyszerű, de legfeljebb néhány liter lehet a kapacitásuk. A kapilláris szálak egy henger testben helyezkednek el. A sejtek a kapillárisok közötti térben szaporodnak (szövetszerűen). Főleg humán sejtkultúrák számára hasznosítják. A sejtek denzitása 108 sejt/ml. A termék a folyamat végén tisztán nyerhető.

**Keverési technikák**

**Standard, mechanikusan kevertetett fermentor**

Levegőztetett, kevert tank, ami megfelel az elővigyázatossági követelményeknek, a reaktor tisztaságának, valamint egyenletes oxigén/széndioxid tenziót biztosít. Keverés közben fellép a nyíróerő, valamint bizonyos térfogat felett nem hatékony. A keverőlap lehet axiális - lényegében egy tengellyel párhuzamos propeller, valamint rushton keverő - függőleges keverőlapát, ami nagy felülettel érintkezik, ahol nagyobb a keverő hatás, de a nyíróerő is.

**Nem mechanikusan kevert fermentorok**

A bevitt gáz/levegő kever - „air-lift" típus. 200 000 liter felett ez használatos. Nem biztosít olyan intenzív keverést, mint az előzőek.

**Eukarióta fermentor megoldások: (jellegzetesség, hogy szeretnek kitapadni)**

**Laborban**

Szabadsejtes:

Tömör mikrocarrierre kitapadva: egy vagy több rétegben (ritkán) tapadnak rá, sejt + carrier sűrűsége kb. olyan, mint a fermentlé – lebegtethető. Inert anyagok használata carrierként (dextrán, polisztirol, cellulóz, üveg…).

Makropórusos mikrocarrier: nagy a fajlagos felületű hordozó.

Kitapadó sejtek: spontán aggregáció – a nagy aggregátumokban kedvezőtlen gradiensek alakulhatnak ki.

Immobilizálás: (agaróz, alginát, kitozán, poliakrilamid stb.) mátrixba ágyazás.

**Iparban**

Forgó edény: falára tapadnak a sejtek (ez is főleg laborban használatos).

Kevert bioreaktor: kiegészítve olyan technológiákkal, ami segíti a termékkinyerést (beépített szűrők - a carrieres sejt bennmarad, termék kijön). Lehet itt is airlift típus.

Hollow fiber reaktor: figyelembe veszi a sejtek érzékenységét. Sejtek kapillárisokban ülnek, egyik oldalon bemegy a táplálék, a másikon kijön a termék. Kis helyen óriási felületet biztosít.

**Fermentor levegőztetési technikák**

Ez a legtöbb esetben a levegőellátás miatt szükséges. A cél minél több gáz bevitele a sejtek roncsolása nélkül. Limitáló tényező a gázok folyadékban való oldódása (fontos a diffúziós állandó, folyadék-gáz határfelület nagysága). Szintén kedvezőtlen mikroorganizmus aggregátumok kialakulása, mert bennük gradiensek (jelen esetben egyenlőtlen széndioxid eloszlás) alakulnak ki.

Technikai megoldások:

Levegőbefújás felülről, nem jó, mert csak az jut a folyadékba, ami beleoldódik. Lefele erősen csökken a koncentrációja.

Levegőbefújás alulról, egyben kever is, több gáz beoldódására van lehetőség. Minél kisebb gázbuborékok elérése a cél, mert így nagyobb határfelület alakul ki; valamint terelőlapok segítségével szokás ezek útját meghosszabbítani. Itt viszont a felső részekhez jut kevesebb oxigén.

Ma már lehetséges olyan membránok használata, melyek gázra permeábilisak, folyadékra nem. Gázdiffúzióval lehet dolgozni, nem buborékokkal. Mivel a membránok a fermentor egészében helyezkednek el, így mindenütt azonos (optimális) gáz parciális nyomás érhető el, a gáz membránból való kidiffundálása miatt.

**Sterilizálási módszerek**

Asepsis: semmilyen élőlény nem lehet a steril fermentlében.

Dezinfekció: elpusztított élőlény lehet benne. A kívánt sterilizáláshoz kell a táp, a levegő és az edények sterilezése.

Folyadékok sterilezése:

Szűrés: 0,01-0,5 µm-es részek kiküszöbölése szükséges.

Mélységben szűrés (3D szűrés): porózus anyagon (kerámia, üveggyapot, cellulózszálak) áramoltatják át a folyadékot. A részecske a szűrő anyagával közvetlen kölcsönhatásba kerülhet, és megáll.

Befogás: a szűrő anyaga magához vonzza (elektrosztatikus, hidrofób kölcsönhatás).

Diffúzió: a részecske „kóvályog" a szűrőben, lelassul, a folyadékhoz képest lemarad, vagyis nehezebben jut át.

Abszolút szűrés (2D szűrés): lyukacsos anyag felületén kötődik meg a szennyeződés. Az anyag adszorbeálódhat, vagy méret miatt záródik ki (nem fér át a lyukon), lehetséges a „hídképződés", ami a lyuk eltömődését jelenti - sok kis részecske összeáll („híd"), és nem fér át többé a lyukakon. Általában lemezes szerkezetűek; nagyobbak esetében fektetett helyzetűek.

Inaktiválás: többféle módon lehet: hő, kémiai ágensek, elektromágneses sugárzás segítségével. Leggyakoribb a hőkezeléssel járó sterilezés: minél magasabb az alkalmazott hőmérséklet, annál hamarabb pusztulnak el a mikroorganizmusok. Hátrányos is lehet: hőérzékeny anyagok lebomlása!

Gázok sterilezése: szűrés az általánosan használatos megoldás. A levegőben főleg penészgombák vannak jelen. A nagy térfogatok miatt általában mélységben szűrőket használnak. Kritikus sebesség: itt a minimális az elválasztás: ez alatti (itt diffúzió és szedimentáció szűr), és e feletti sebesség (közvetlen ütközés szűr) is jobb szűrést eredményez. Vagyis ha lassabban vagy gyorsabban szűrünk ennél a sebességnél, mindkét esetben jobban járunk. Viszont egy bizonyos sebességen felül a szűrés eredményessége ismét csökken. Fágok kiszűrése kis méretük miatt nehéz (csak lassú áramoltatással lehet).

**Fertőtlenítési fokozatok**

**Dezinficiálás:** fertőtlenítés a patogén mikrobák eltávolítása a gennykeltő baktériumok érzékenységét veszi alapul

**Pasztőrözés:** a forráspont hőmérsékletén rövid ideig tartó hőkezelés, a vegetatív formák elpusztítása, a spórák megmaradnak

**Tindallozás:** pasztőrözés+inkubálás. (30-35 °C inkubálás -> 70-80 °C pasztőrözés többször ismételve). Célja: a spórákat először megnyitni, azután elpusztítani

**Sterilezés:** elölő hatás, amitől a mikroorganizmusok száma exponenciálisan csökken. Sterilezés során az összes patogén, vagy nem patogén, vegetatív, vagy spórás mikroorganizmus eltávolítása megtörténik

Algatenyészetek esetében – különösen axenikus tenyészeteknél – szükséges a más alga sejtek elpusztítása mellett az algákkal együtt élő más mikroszervezetek (baktériumok, gombák) elpusztítása is. Ezek néha az algáknál ellenállóbbak (mint például a hőkezeléssel szemben), de bizonyos esetekben érzékenyebbek (például az UV hatásával szemben).

Befertőződött tenyészetek utólagos megtisztítása gombáktól és baktériumoktól vegyszerek (pl. antibiotikumok) és fizikai módszerek (szűrők) alkalmazásával lehetséges. Azonban ezek a módszerek költségesek és gyakran nem kivitelezhetőek, vagy nem megbízhatóak. Célszerű tehát axenikus tenyészetek előállításakor kezdetektől fogva nagy gonddal ügyelni a fertőzések elkerülésére és minden eszközt sterilizálni. A sterilezésnek különböző módjai vannak:

**I. Fizikai módszerekkel történő sterilezés**

**A) Sterilezés hővel**

- Leégetés lánggal: oltótű, oltókacs esetében alkalmazzuk átoltások során. Az oltótű illetve oltókacs tűzálló végét vörös izzásig kell hevíteni. A lángot átoltáskor a lombikok, kémcsövek nyakának rövid ideig történő felhevítésével azok sterilizálására használhatjuk.
- Száraz hővel: üveg, fémeszközöket, pl. pipettákat, Petri-csészéket sterilezünk így. A hőlégsterilizálók megadott hőmérsékletre állítható önreguláló elektromos berendezések. A sterilezés időtartama 4 óra 140°C-on, vagy 2 óra 160°C-on.
- Nedves hővel
  - Pasztőrözés: magas hőmérsékleten (60-96°C) a vegetatív sejtek nagy részének elpusztítása, időtartama 1-40 perc, pl. 65°C – 30 perc; 85°C – 5 perc. Hátránya, hogy a Clostridium spórák túlélik.
  - Arnoldozás: sterilizálás áramló gőzben 100°C-on 20-30 percig. Ekkor a vegetatív sejtek elpusztulnak, a spóráknak azonban csak egy része. Kivitelezése le nem zárt autoklávban vagy szelep nélküli kuktafazékban történik.
  - Tyndallozás: három egymást követő napon arnoldozunk. A kezelések közötti időben a spórák kihajtanak és elpusztíthatók (frakcionált csíramentesítés). Hőérzékeny tápkomponensek esetén (pl. zselatin) alkalmazhatjuk.
  - Autoklávozás: sterilezés nyomás alatt (autokláv: 11. ábra). A leggyakrabban alkalmazott körülmények: 120°C, 1,0 atmoszféra túlnyomás, 15-30 perc. Egy adott nyomáson elérhető hőmérséklet az autoklávtérben a levegő és gőz arányától függ.

A sterilezésre használt berendezésének megfelelő működését ismert hőtűréssel rendelkező mikroorganizmusokkal ellenőriztetjük, pl. autokláv esetén→ B. stearothermophilus; hőlég esetén→ Bacillus speciesek.

Gyakorlatban gyakran alkalmazunk autokláv helyett kuktafazekat sterilezésre. Így is teljes csírátlanítás érhető el. A kuktafazékba desztillált vizet kell tölteni kb. kétujjnyi magasságban, behelyezni az eszközöket, majd lezár-

juk és gázlánggal melegítjük a kuktát. A forrástól számítva 20 percig sterilezünk.

**B) Sterilezés UV-sugárzással:** a különböző sugárzások (Röntgen-, radioaktív-, UV-sugárzás) csíraölő hatásúak. A gyakorlaton 260-265 nm sugárzási maximumú UV (germicid)-lámpákkal sterilezünk.

**C) Sterilezés szűrőkkel:** folyadék sterilezésére vagy folyadék és szilárd táptalajok hőérzékeny komponenseinek csíramentesítésére szűrőket alkalmazunk.

- Abszorpciós szűrők: Chamberland (zománc nélküli porcelán), Berkefeld (kovaföld), Seitz (azbeszt); ezek egy idő után telítődnek.
- Pórusszűrők: leggyakrabban a szinterüveg (zsugorított porózus üveglemez) szűrők és a membránszűrők használatosak. A bakteriológiai szinterüveg szűrők között legismertebb a G-5 jelzésű szűrő, 0,1µm pórusátmérővel. A membránszűrők anyaga különböző szerves polimer lehet: leggyakrabban a 0,22 vagy a 0,45 µm pórusátmérőjű készítményekkel dolgozunk (Millipore- vagy Sartorius szűrők). A baktériumok eredményes szűréséhez max. 0,3 µm pórusátmérőjű szűrőt használjunk.

**D) Sterilezés ultrahanggal:** ritkán alkalmazott eljárás, különösen algák elpusztítására jó.

**E) Gammasugárzás:** ritkán, főleg ott, ahol UV sugárzás nem alkalmazható.

**II. Sterilezés kémiai úton**

A kemikáliák fehérjékkel és egyéb sejtkomponensekkel való reakciók révén fejtik ki sterilező hatásukat. A hatás a koncentráció és az idő függvénye. Alkalmazhatók nehézfémsók ($HgCl_2$, $AgNO_3$), oxidálószerek ($KMnO_4$, $H_2O_2$), halogének (klór, jód), szerves oldószerek (pl. 70%-os etanol, dimetilszulfoxid), a fenol 3%-os vizes oldata (karbol), a formalin 3%-os vizes oldata; gáz (etilénoxid). Felületaktív, zsíremulgeáló kation szappan, membránkárosító, spórákat nem öl. A neomagnol (benzolszulfonkloramid-nátrium) 0,1%-os vizes oldatában a keletkező NaOCl a fehérjék aminocsoportjait klórozza. Megfelelő koncentrációban sporocid. Hatástalanítja a toxinokat is.

**Termékkinyerés**

- Centrifugálás, ülepítés, szűrés - sejtek összegyűjtése
- Amennyiben sejtalkotót, vagy intracelluláris terméket állítottunk elő szükséges a sejtek feltárása:
  - mechanikai: őrlőmalom, ultrahang, nyomás
  - kémiai: szerves oldószerek, detergensek
  - enzimatikus: lizozim (G+ baktériumokra, G- esetén SDS-sel együtt)
- Extrakció, filtráció, adszorpció, kicsapás
  - Kis molekulák kinyerése pl. folyadék-folyadék extrakció
    - Oldószeres – hidrofób termék esetén
    - Detergens segítségével
  - Filtráció – szűrőn áteresztjük, dialízis
  - Adszorpció - hordozóhoz kötjük a kinyerni kívánt anyagot
  - Kicsapás – csapadékot képzünk pl. magas sókoncval (pl. ammónium-szulfátos)
- Tisztítás
  - Kromatográfia (álló- és mozgó fázis)
    - Gélfiltráció
    - Elúciós kromatográfia
      - Ioncserés, hidrofób, affinitás
- Liofilizálás
  - hőérzékeny termékekre: vitaminok, enzimek, vakcinák, mikróbák, gyógyhatású fehérjék
- Szárítás
- Csomagolás
- Hulladékkezelés

**Általános tudnivalók az algákról**

Több mint 25.000 különböző algafaj él a földön, a vízben, termőföldben, sziklákon, és fákon. Ezek méretben igen különbözőek, az egysejtűektől egészen a több 100 méter hosszú telepekig. A makroalgák akkorák, mint az egysejtű hínár, mikroszkopikus nagyságúak. Az óceán mikroalgái a phytoplanktonok a táplálkozási rend alapjai.

Az algák, vagy moszatok, különböző fotoszintézisre képes, nagy vonalakban hasonlónak mondható élőlények gyűjtőneve – nem rendszertani kategória. Többségükben eukarióták, ez alól kivételt képeznek a cianobaktériumok. Az algák többsejtű szerveződése a hínár.

A cianobaktériumok (Cyanobacteria) egy baktériumtörzs, amelyet korábban kékmoszatok (Cyanophyta) néven a növények országába soroltak az ide tartozó fajok megjelenése és életmódja alapján. Fotoszintetizálnak és sok faj képez fonál, lemez vagy tömlő alakú telepet. Sejtjeik klorofillt, valamint kék vagy piros színanyagot tartalmaznak. Vízben vagy nedves helyeken élnek, egyesek növények szövetüregeiben. Vannak fajok, amelyek zuzmók felépítésében vesznek részt. Mintegy 2000 faj tartozik ide.

Extrém életkörülmények között elszaporodhatnak, és jellegzetes üledékszerkezetet hoznak létre, amit a geológiában sztromatolit szerkezetnek neveznek. Fotoszintetizálók lévén jelentős szerepet játszottak a Föld légkörének átalakításában.

**Rendszerezésük:**

- Phylum Cyanobacteria
  - o Subphylum Gloeobacteria (Gloeobacter violaceus)
  - o Subphylum Phycobacteria
    - *Classis Myxophyceae*
      1. Chroococcales (Chroococcus, Dactylococcopsis, Microcystis, Merismopedia, Synechococcus, Aphanothece, Gomphosphaeria, Aphanocapsa)

2. Pleurocapsales (Dermocarpa, Xenococcus, Chroococcidiopsis, Pleurocapsa)
3. Oscillatoriales (Spirulina, Oscillatoria, Lyngbya, Pseudanabaena, Phormidium, Trichodesmium, Arthronema, Arthrospira)
4. Nostocales
    1. Microchaetaceae (Tolypothrix, Coleodesmium)
    2. Nostocaceae (Anabaena, Aphanizomenon, Nostoc, Cylindrospermum)
    3. Rivulariaceae (Rivularia, Calothrix, Richelia)
    4. Scytonemataceae (Scytonema)
    5. Stigonematales (Fischerella, Stigonema, Chlorogloeopsis)

- *Classis Chloroxybacteria*
    1. Prochlorales
        1. Prochloraceae (Prochloron didemni)
        2. Prochlorococcaceae (Prochlorococcus marinus)
        3. Prochlorothricaceae (Prochlorothrix hollandica)

A baktériumok (Bacteria) egysejtű, többnyire pár mikrométeres mikroorganizmusok. Változatos megjelenésűek: sejtjeik gömb, pálcika, csavart stb. alakúak lehetnek. A mikrobiológia egyik ága, a bakteriológia foglalkozik a baktériumok tudományos vizsgálatával.

A Föld minden élőhelyén megtalálhatóak a baktériumok: vízben, szárazföldön vagy a levegőben, még mélytengeri hőforrásokban és nukleáris hulladékban is. Egy gramm talaj kb. 40 millió, egy milliliter felszíni víz egymillió baktériumsejtet tartalmaz. A Földön pedig összesen mintegy 5 kvintillió (5 × 1030) baktérium élhet. A baktériumok alapvető szerepet töltenek be a bioszféra anyagforgalmában, mint például a légköri nitrogén megkötésében. Ennek ellenére a baktériumfajok nagy részét nem ismerjük: a baktériumtörzsek fele rendelkezik csak olyan fajokkal, amelyek laboratóriumi körülmények között tenyészthetők.

Tízszer annyi baktérium van az emberi testben, mint emberi sejt. A legtöbb baktérium a bőr felszínén és az emésztőrendszerben található. A baktériumok nagy része ártalmatlan vagy hasznos, de akad néhány fertőző megbetegedést kiváltó patogén (kórokozó) baktérium is, mint például a kolera, szifilisz, lépfene, lepra vagy a pestis kórokozója. Gyakori és súlyos bakteriális megbetegedés a tuberkulózis (TBC), amely évente kétmillió embert öl meg nagyrészt Afrikában, a Szaharától délre eső területeken.

A fejlett országokban antibiotikumokat használnak a fertőzések leküzdésére. Ezek túlzásba vitt használata, különösképpen pedig a baktériumok széles körére ható antibiotikumok kiterjedt használata eredményeként egyre több antibiotikumellenálló típus fejlődött ki. Ennek speciális esete volt az, amit a Clostridium difficile cikk ír le. Az antibiotikumellenállás elterjedéséhez hozzájárult ezeknek a gyógyszereknek a helytelen használata, az orvosi előírás pontos betartásának elhanyagolása.

Az iparban a szennyvíztisztításban, a tejtermékek gyártásában, az antibiotikumok és más szerves anyagok előállításában használnak baktériumokat.

A baktériumok prokarióta szervezetek, tehát szemben az állatokkal és más eukariótákkal, nincs sejtmagjuk és más membránnal határolt sejtszervecskéjük. Ámbár hagyományosan baktériumnak neveznek minden prokariótát, a tudományos nevezéktan az utóbbi pár évben megváltozott, miután molekuláris biológiai módszerekkel a prokariótákat sikerült két alapvetően eltérő felépítésű és származású csoportra különíteni. Ez a két domén az Archaea és a Bacteria.

A magasabb rendű organizmusokkal szemben a baktériumok anyagcseréje nagyon változatos képet mutat. Hagyományosan az anyagcsere jellegzetességei alapján határozták meg a rendszertanukat, de ez az osztályozás gyakran eltér a modern genetikai osztályozástól. A bakteriális anyagcsere durva felosztásának alapját az adja, hogy az adott baktérium a növekedéshez milyen szén - és energiaforrást használ, valamint az energiatermelő folyamatok során mely anyagok és vegyületek adják az elektront (elektrondonor) és mely anyagok és vegyületek kapják a végén az elektront (elektronakceptor).

Szénforrás szempontjából a baktériumok lehetnek heterotrófok, azaz a környezetükben található szerves szénvegyületeket használják szén - és energiaforrásként, vagy autotrófok, azaz szénforrásként a környezet szén-dioxidját használják. Az autotróf baktériumok tipikus képviselői a fotoszintetizáló cianobaktériumok, zöld kénbaktériumok és részben a bíborbaktériumok, de autotróf sok kemolitotróf faj is, mint például a nitrifikáló és a kénoxidáló baktériumok.

Energiaforrás szempontjából a baktériumok vagy fotoszintetizálók, azaz fotoszintézis útján a fényből nyerik az energiát, vagy kemoszintetizálók, azaz kémiai vegyületekből nyerik az energiát. A kemoszintetizálókat tovább szokás bontani kemolitotrófokra (a légzéshez szervetlen elektrondonort használnak) és kemoorganotrófokra (a légzéshez szerves elektrondonort használnak). Kemolitotróf baktériumok esetében a leggyakoribb energiaforrás a hidrogén, szén-monoxid, ammónia (ennek eredménye a nitrifikálás), esetleg vasion, vagy más redukált fémion, és számos kénvegyület. A legtöbb kemolitotróf szervezet autotróf, míg a kemoorganotróf szervezetek heterotrófok.

Elektrondonorok és -akceptorok tekintetében: a kémiai vegyületek energiaforrásként történő felhasználása során az oxidálódó anyagból az elektronok a végső elektronfelvevőnek kerülnek átadásra, redukciós folyamat során. Ebben a reakcióban energia szabadul fel, mely az anyagcsere során felhasználható. Az aerob élőlények esetében az oxigén az elektronfelvevő. Anaerob élőlények esetében más szervetlen vegyület, például nitrát, szulfát, vagy szén-dioxid az elektronfelvevő, aminek eredménye az ökológiai szempontból is fontos denitrifikálás, kéntelenítés és acetogenezis). Léteznek fakultatív anaerob baktériumok, melyek, ha nem áll rendelkezésre végső elektronfelvevő, erjedéssel biztosítják életműködésüket. Ennek során cukrokból, vagy egyéb

magas energiatartalmú vegyületekből állítanak elő az erjedés típusától függően tejsavat, etil-alkoholt, hidrogént, vajsavat vagy egyéb végtermékeket.

A környezetszennyezésre adott biológiai válaszban is fontosak ezek a folyamatok, például szulfátredukáló baktériumok termelik a környezetben található különösen mérgező higanyvegyületek (metil-, és dimetil-higany) nagy részét. Az aerob fotoszintetizáló és a kemolitotróf szervezetek esetében oxigén az elektronfelvevő, de anaerob körülmények között az oxigén helyett szervetlen vegyületeket használnak.

Különleges eset a metanotróf baktériumok esete, amikor a metángáz szolgáltatja az elektronokat és egyben szénforrás is.

biztosítani. A hidrogéngáz termelő fotobioreaktorban tenyészteni kívánt zöldalga a kénhiányos közegben beinduló biofotolízishez anaerob környezetet igényel. A sejtek felszaporításának idején a tenyészet légköri levegővel való átbuborékoltatása elegendő, esetleg széndioxiddal dúsítható. Azonban az anaerob környezet a hidrogenáz enzim rendkívüli oxigénérzékenysége miatt elengedhetetlen a hidrogéntermelő szakaszban.

Az egyes algák tápanyagszükséglete eltérő, ezért tenyésztéskor a megfelelő táptalajt kell alkalmazni. Végül, pedig a tenyésztési időt is figyelembe kell venni, mivel ez is más-más az egyes mikroszervezeteknél, még az egyes algáknál is néhány naptól akár több hónapig (extrém esetben akár évig) is terjedhet.



*Algamező az amerikai sivatagban*

A fotoszintézis során megkötött szén-dioxid mellett néhány baktérium a légköri nitrogént köti meg a nitrogenáz enzimmel (ilyenek például a talajban élő nitrifikáló baktériumok). A nitrogénkötő képesség csaknem mindegyik fent felsorolt anyagcseretípussal párosulhat.

**Az algák tenyésztése**

Az algákat kontrollált körülmények között kell tenyészteni. Fontos az optimális hőmérsékleten való tartás a gyors növekedés biztosítása érdekében. Zöldmoszatok esetében ez általában 22-28°C között van. Erre a célra termosztátokat használunk (duplafalú, vízköpennyel, önreguláló elektromos fűtéssel ellátott szekrények).

Az algák különböző levegőztetést igényelnek. Az aerob szervezetek nevelésekor – ha azok nem szilárd táptalaj felületén nőnek – a megfelelő levegőztetésről körkörös rázatással vagy fermentorban való tenyésztéssel gondoskodhatunk. Megoldás lehet a mágneses keverő használata is pl. Erlenmeyer lombikok használatakor. A rázógépek termosztálását vízfürdő segítségével vagy száraz levegő befúvással biztosítjuk. Anaerobok esetén oxigén elvonást, illetve reduktív körülményeket kell a tápközegben

## ALGAOLAJ TERMELÉS DILEMMÁI

**Mikroalga biomassza gyártás**

A mikroalga biomassza gyártása általában véve drágább, mint a termények termesztése. A fotoszintetikus növekedés fényt, szén-dioxidot, vizet és szervetlen sókat igényel.

A hőmérsékletnek általában véve 20 és 30 Celsius fok között kell maradnia. A költségek minimalizálása érdekében, a biodízel gyártásnak szabadon elérhető napfényre kell támaszkodnia, annak enyhe mértékű napi és szezonális változásainak ellenére.

A táptalajnak biztosítani kell a szervetlen elemeket, amelyek az alga sejtet alkotják. A nélkülözhetetlen elemek az alábbiak: nitrogén (N), foszfor (P), vas és néhány esetben szilícium A minimális tápanyag kívánalmakat meg lehet becsülni a mikroalga biomassza körülbelüli molekuláris képletének használatával, amely $CO_{0.48}H_{1.83}N_{0.11}P_{0.01}$. Ez a képlet a Grobbelaar által prezentált adatok alapján készült.

A tápanyagokat, mint a foszfor, kellő többlettel kell biztosítani, mert a foszfátok az összetételhez

fém ionokat adnak, tehát nem minden hozzáadott P biohozzáférhető.

Kereskedelmi sóval, trágya foszfátokkal és néhány egyéb mikrotápanyaggal pótolt tengervizet gyakran használnak tengeri mikroalgák termesztéséhez. Nem költséges.

A mikroalga biomassza körülbelül 50% szenet tartalmaz száraz súlyban. (Sanchez Mirón et al. 2003). Mindezen szén szén-dioxidból származik általában. 100 tonna alga biomassza durván 183 tonna szén-dioxidot köt meg. A szén-dioxidot folyamatosan táplálni kell a nappali órákban. A Ph érzékelőktől érkező jelek alapján történik a táplálás ellenőrzése és ez minimálisra csökkenti a szén-dioxid veszteséget és Ph ingadozást. A biodízel gyártás használni tud olyan szén-dioxidot, amely a fosszilis üzemanyagok égésekor keletkezik, erőművekben. (Sawayama el al. 1995 yun et al 1997). Ez a fajta szén-dioxid gyakran hozzáférhető és kevésbe, vagy semmibe sem kerül.

Ideális esetben, a mikroalga biodízel szén-mentes lenne, mivel az alga gyártási folyamatához használt erő is magából a biodízelből származna és olyan metánból, amelyet hátrahagyott biomassza maradvány levegőmentes emésztésével nyernek, miután az olajakat kivonták belőle. Habár a mikroalga biodízel szén-mentes lehet, nem eredményez semmiféle szén-dioxid csökkenést, amely a fosszilis üzemanyagok égetésének következményeként halmozódik fel.

A mikroalga biomassza nagymértékű gyártása folyamatos táptalajt használ nappal. A művelet ilyen módon történő lefolytatása során a friss táptalajt állandó mértékben táplálják és ugyan-ekkora mennyiségű mikroalga baktérium táptalajt folyamatosan kivonnak. (Molina Grima et al 1999). Az adagolás éjszaka megszűnik, de a baktérium táptalaj összekeverésével megaka-dályozható a biomassza ülepedése (Molina Grima et al 1999).

A nappal megtermelt biomassza közel 25%-a elveszhet éjszaka a légzés következtében. Ezen veszteség mértéke függ a növekedési hőmérséklettől, az éjszakai hőmérséklettől és a könnyű szinttől, amely alatt a biomassza növekedett.

A mikroalga nagy mennyiségben történő előállításának egyetlen megvalósítható módja a keringető, amelyet a továbbiakban tárgyalunk.

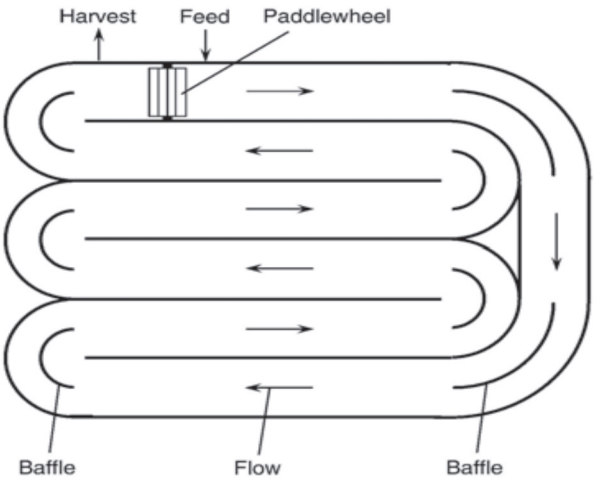
**Keringetők**

A keringető egy zárt hurokkanyaros visszaforgató csatorna, amely tipikusan 0.3 m mély.

A keringetést és keveredést egy lapátkerék biztosítja Az áramlást a kanyarokban terelőlapok irányítják, amelyek az áramlási csatornában vannak elhelyezve. A csatornák betonból épülnek, vagy tömörített földből, és fehér műanyaggal lehetnek bélelve. Nappal a táptalajt folyamatosan táplálják a lapátkerék előtt, ahol az áramlás kezdődik. (*1. ábra*).

A lapátkerék folyamatosan működik, hogy megakadályozza az üledékképződést.

Keringetőket a mikroalga táptalajhoz az 1950-es évek óta használnak. A csatornák működésével és technikájával kapcsolatosan a tapasztalatok széles körűek. A legnagyobb keringető rendszerű biomassza gyártó létesítmény 440.000 négyzetmétert foglal el. Ez a létesítmény az Earthrise Nutritionals tulajdonában van és cián(o) bakteriális biomasszát gyárt élelmiszerekhez.




**Harvest:** termés eredmény, **Feed:** táplálás, **Paddlewheel:** lapátkerék, **Baffle:** terelőlap, **Flow:** áramlás

*1. ábra. Keringető területi rajza*

A keringetőkben mindenféle hűtés csak a kipárolgással valósul meg. A hőmérséklet napi és időszaki ciklusokban változik. A levegőbe történő jelentős párolgási veszteség miatt a csatornák a szén-dioxidot kevésbé hatékonyan használják, mint a fotobioreaktorok. A termelékenységet nagymértékben befolyásolja a nem kívánatos alga szennyeződés és a mikroorganizmusok, amelyek algákkal táplálkoznak. A biomassza koncentráció alacsony marad, mert a csatornák (raceways) enyhén keveredne és nem tűrik az optikailag sötét zónát. A keringetők és más nyitott táptalajú mikroalga előállító rendszerekkel kapcsolatosan Terry és Raymond (1985) értekezik.

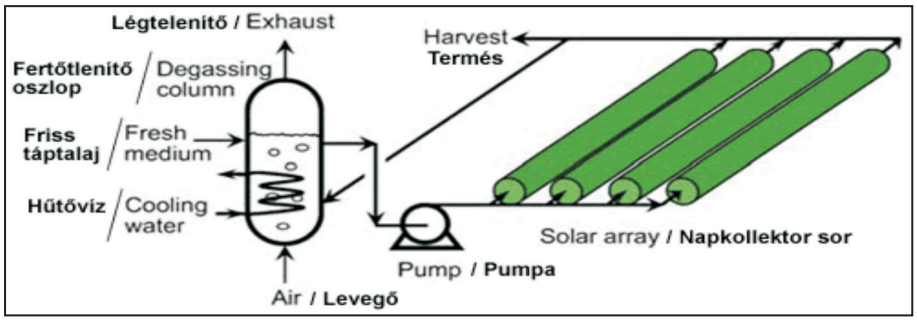
A biodízel készítéséhez történő mikroalga biomassza gyártás a keringetőkben, elismerésnek örvend az Egyesült Államok Energia Hivatala által szponzorált tanulmányokban. (Sheehan et al 1998). Ezek a rendszerek kevésbé drágák, mint a fotobioreaktorok, mert megépítésük és működtetésük kevesebbe kerül. Habár a zárt rendszerek alacsony költségűek, alacsonyabb a biomassza termelékenységük is a fotobioreaktorokhoz viszonyítva

**Fotobioreaktorok**

A nyílt keringetőkkel ellentétben a fotobioreaktorok engednek a mikroalga nélkülözhetetlen táptalajának egy meghosszabbított időtartamot. A fotobioreaktorokat nagy mennyiségű mikroalga biomassza gyártásához használják. (Molina… Carvalho et al 2006).

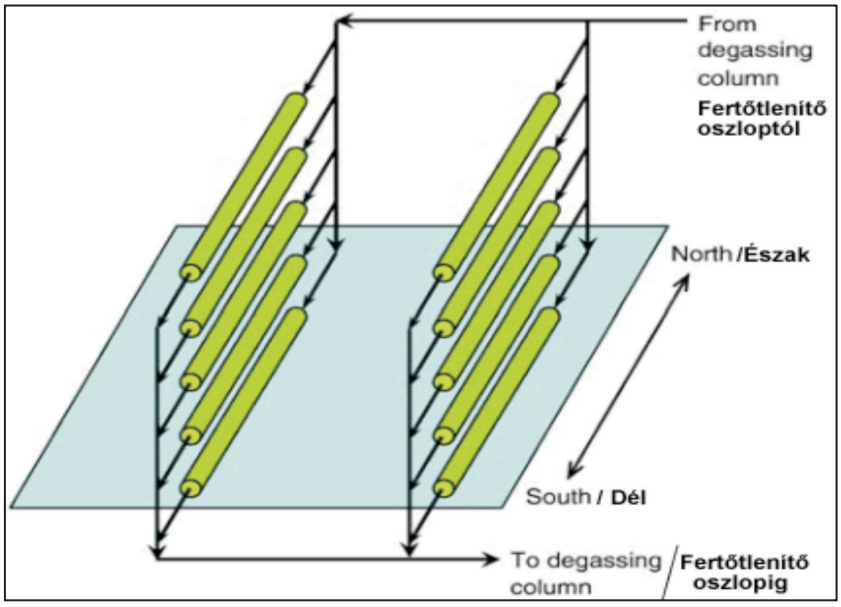
A csöves fotobioreaktor egy sor egyenes, átlátszó csőből áll, amelyek általában műanyagból vagy üvegből készültek. Ez a csősor, vagy nap kollektor az a hely, ahol a napfényt gyűjtik. *(2. ábra).* A napkollektor csövei általában 0,1 m –esek, vagy kisebbek átmérőben. A cső átmérője behatárolt, mert a fény nem hatol túl mélyre a tömör

táptalajban, ami szükséges a fotobioreaktor magas biomassza termelékenységének biztosításához A mikroalga táptalaj keringetve van a tartálytól a napkollektorig és onnan vissza a tartályba. (2. ábrán fertőtlenitő oszlop). Folyamatos táptalaj kultúrát használnak, az alábbiak szerint.




*2. ábra. Cső fotobioreaktor egymással párhuzamos, vízszintesen elhelyezett csövekkel*

A napkollektor a napfény befogásának maximalizálására törekszik. (Molina…. Miron et al 1999). Egy tipikus elrendezésben a nap csövek párhuzamosan helyezkednek el egymás mellett és vízszintesen a földszinthez viszonyítva *(2. ábra).* Vízszintesen párhuzamos csövek olykor kerítés szerűen vannak elhelyezve *(3. ábra)* annak érdekében, hogy a csövek számát növelni lehessen egy adott területen. A csövek mindig észak-déli irányban helyezkednek el. *(3. ábra).* A föld a napkollektor alatt gyakran fehérre van festve, vagy fehér műanyaggal van fedve, hogy a visszatükröződést, vagy fehérséget növelje.




*3. ábra*

Ahelyett, hogy vízszintesen a földre fektetnék a műanyag csöveket, egy támasztó keretre vannak tekercselve, hogy spirális, cső fotobioreaktort képezzenek. *(4. ábra).*

A 4. ábrán bemutatott fotobioreaktorok kis mennyiségű mikroalga táptalaj nevelésére alkalmasak, például a nagyobb cső fotobioreaktorok beoltására *(2. ábra)*, amelyek pedig biodízel előállítására képesek. A cső fotobioreaktorok egyéb fajtái is léteznek (Molina…. Carvalho et al 2006), de nem elterjedtek.

A cső fotobioreaktorok mesterséges megvilágítása technikailag kivitelezhető (Pulz 2001), de drágák összehasonlítva a természetes megvilágítással Azonban, a nagy mennyiségű biomassza gyártás során használnak mesterséges megvilágítást (Pulz 2001), különösen a magas minőségű termékeknél.

A csövekben a biomassza üledékképződést úgy előzik meg, hogy erős áramlást tartanak fent. Az áramlást vagy mechanikus pumpa *(2. ábra),* vagy egy gyengédebb légpumpa biztosítja A mechanikus pumpák kárt tehetnek a biomasszában (Chisti…. Sobczuk et al 2006), de könnyű megtervezni, telepíteni és működtetni azokat. A légpumpák használata is meglehetősen sikeres (Molina…. Fernandez et al 2001). A légpumpák, amelyeket a cső fotobioreaktorokban alkalmaznak, azon a módszeren alapulnak, amelyet eredetileg hagyományos légáram reaktorok tervezéséhez fejlesztettek ki. (Chisti… Chisti 1989). A légpumpák kevésbé hajlékonyak, mint a hagyományos pumpák és levegő pótlásra van szükség a működtetésükhöz. A fotobioreaktorokat időnként tisztítani kell. Ezt könnyedén megoldhatóvá teszik az automatikus, helyben található tisztító berendezések. (Chisti … Chisti 1999)

A fotoszintézis oxigént termel. Magas sugárzás alatt az oxigén fejlesztés maximum mértéke egy átlagos cső fotobioreaktorban 10 g O2 m-3min-1 magas lehet. A levegő telítettség értékénél sokkal nagyobb folyós oxigén szint akadályozza a fotoszintézist. (Molina Grima et al 2001). Továbbá, a folyós oxigén magas koncentrációja a nagymértékű napfénnyel kombinálva fotooxidatív károsodást okoz az alga sejtben. A károsodás megakadályozása érdekében a maximálisan megengedhető folyós oxigén szint általában nem haladhatja meg a levegő telítettség 400%-át. Az oxigént nem lehet eltávolítani a fotobioreaktor csőből. Ez behatárolja a folyamatosan futó cső hosszát, mielőtt az oxigén eltávolítás szükségessé válik. A táptalaj időszakosan visszsza kell térjen a fertőtlenitő zónába *(2. ábra),* amelyet levegővel bugyborékosítanak fel, hogy a felhalmozódott oxigént kinyerjék belőle. Általában a folyamatosan futó cső hossza nem mehet 80 méter fölé (Molina Grima et al 2001), de a pontos hosszat számos tényező befolyásolja, mint például a biomassza koncentrációja, fény in-



*4. ábra.*
*1000 L spirális csöves fotobioreaktor Murdoch Egyetemen, Ausztráliában. Michael Borowitzka professzor jóvoltából.*

tenzitás, áramlás mértéke, és a cső bejáratánál az oxigén koncentrációja.

A felhalmozódott oxigén eltávolításán kívül a fertőtlenitő zóna *(2. ábra)* minden gázbuborékot felszabadít a táptalajból, így lényegében buborékmentes táptalaj tér vissza a napkollektor csöveibe. (Chisti…. 1998) tárgyalja a gáz-folyadék elválasztás tervezetét a teljes buborékmentesség elérésére. Mivel a fertőtlenitő zóna általában optikailag mély összehasonlítva a napkollektor csöveivel, gyengén van megvilágítva és ezért térfogatának relatíve kicsinek kell lennie a napkollektoréhoz képest.

Mivel a táptalaj fotobioreaktor csövön keresztül mozog, a pH megnő a szén-dioxid elfogyasztása miatt (Camacho Rubio et al 1999). Szén-dioxidot a fertőtlenitő zónában adagolnak a pH ellenőrzésre válaszul. További szén-dioxid befecskendezési pontok szükségesek lehetnek időnként, hogy megakadályozzák a szén megkötést és a túlzott pH emelkedést. (Molina Grima et al 1999).

A fotobioreaktorokat napközben hűteni kell, illetve éjszaka is szükség van a hőmérséklet ellenőrzésére. Például a lélegzés miatt bekövetkező biomassza veszteség a hőmérséklet éjszakai csökkentésével csökkenthető. Külső cső fotobioreaktorok hatékonyan és olcsón hűthetőek hőcserélők használatával. Hőcserélő tekercs elhelyezhető a fertőtlenitő zónában *(2. ábra).* Alternatív megoldásként a hőcserélők elhelyezésre kerülhetnek a hurok részben is. Használni lehet továbbá párolgó hűtést, amikor is vizet permeteznek a csövekre (Tredici 1999). Ez a módszer száraz éghajlaton sikeresen bevált. Nagy méretű cső fotobioreaktorok hőmérséklet szabályozós melegházakban is elhelyezésre kerültek (Pulz 2001), de ez túl drága a biodízel gyártásához.

A megfelelő mikroalga biomassza gyártási módszer kiválasztása a biodízel gyártásához a keringetők és fotobioreaktorok összehasonlítását kívánja meg.

**Fotobioreaktorok és keringető módszerek összehasonlítása**

| Változók | Fotobioreaktor adottság | Keringetők |
|---|---|---|
| Éves biomassza termelés kg | 100.000 | 100.00 |
| Térfogati termelékenység (kg m-3d-1) | 1.535 | 0.117 |
| Területi termelékenység (kgm-2d-1) | 0.048a | 0.035b |
| Biomassza koncentráció táptalajban | 4.00 | 0.14 |
| Hígítás mértéke (d-1) | 0.384 | 0.250 |
| Szükséges terület (m2) | 5681 | 7828 |
| Olaj hozam (m3ha-1) | 136.9d | 99.4d |
| | 58.7e | 42.6e |
| Évi CO2 fogyasztás | 183,333 | 183,333 |
| Rendszer-geometria | | |
| | 132 párhuzamos csövek/egység | 978m2/rendszer, |
| | 80 m hosszú csövek; | 12 m széles, 82 m hossz |
| | 0.06 m csőátmérő | 0.30 m mély |
| Egységek száma | 6 | 8 |

a - A létesítmény területén alapul
b - A rendszer területén alapul (keringető)
c - fotobioreaktor csövek vizsgált területén alapul
d - 70% -os olaj arány a biomasszában
e - 30%-os olaj arány a biomasszában

**Keringetők és cső fotobioreaktorok összehasonlítása**

A fenti táblázat a fotobioreaktorokat a keringetőkkel hasonlítja össze a mikroalga biomassza gyártás tekintetében. Ez az összehasonlítás évi 100 t biomasszára vonatkozik éves szinten mindkét esetben. Mindkét gyártási módszer ugyanakkora mennyiségű széndioxidot használ fel, ha a légkörbe való veszteségtől eltekintünk. A táblázatban található gyártási módszerek optimális biomassza termelékenység és koncentráció kombinációt feltételeznek, amit már tulajdonképpen megvalósítottak a nagyteljesítményű fotobioreaktorok és keringetők. Fotobioreaktorok sokkal nagyobb olaj hozamot biztosítanak hektáronként a keringetőkkel összehasonlítva (tábla). Ez azért van, mert a fotobioreaktorok biomassza termelékenysége több, mint 13-réteggel nagyobb, mint a keringetőké. (táblázat). Mindkét gyártási módszer technikailag megvalósítható A fotobioreaktorok és keringetők méret szerinti összehasonlítását a táblázathoz hasonló módon összevetették (Terry és Raymond…… Spolaore et al 2006).



*5. ábra.*
*Mikroalga biomassza, amit szűréssel nyernek a táptalajból, amely szállítószalagon mozog. Cyanotech Corporation, Hawaii*

A táptalajból a mikroalga biomassza visszanyerésére az olaj kivonása miatt van szükség. A biomasszát könnyedén ki lehet nyerni a táptalajból szűréssel *(5. ábra)*., centrifugálással, és más módokon (Molina Grima et al 2003). A biomassza visszanyerés költsége számottevő lehet. A fotobioreaktoroknál a költség töredéke annak, mint keringetőknél. Ennek oka az, hogy a fotobioreaktorokban a biomassza koncentráció közel 30-szorosa a keringetőkének. (3. táblázat). Így adott mennyiségű biomassza előállításához sokkal kisebb mennyiségű táptalaj szükséges fotobioreaktorokban.

**Mikroalga biodízel elfogadhatósága**

Használhatóság tekintetében a mikroalga biodízelnek meg kell felelnie a létező előírásoknak Az Egyesült Államokban a vonatkozó szabályozás az ASTM Biodízel Standard D 6751 (Knothe 2006). Az Európai Unióban eltérő szabályozás vonatkozik a közlekedési használatra (Standard EN 14214) és fűtőolajakra (Standard EN 14213) (Knothe 2006).

A mikroalga olaj különbözik a legtöbb növényi olajtól abban, hogy gazdag többszörösen telítetlen zsírsavakban négy vagy több dupla kötéssel (Belarbi et al 2000). Például eicosapentaenoic sav (EPA, C20:5n-3), (5 dupla kötés), és docosahexaenoic sav (DHA, c22:6n-3), (6 dupla kötés), amelyek gyakran előfordulnak alga olajakban. A zsírsavak és zsírsav metil észterek (FAME) 4 és több kötéssel hajlamosak az oxidációra tárolás során és ez csökkenti alkalmasságukat biodízelként Néhány növényi olaj szintén szembesül ezzel a problémával. Például a növényi olajok, mint a magas olajsavas kukorica olaj nagy mennyiségű linolsavat tartalmaz (C18:2n-3;3 dupla kötés). Habár ezen zsírsavak sokkal magasabb oxidációs stabilitással rendelkeznek a DHA-val és EPA-val összehasonlítva, az Európai Standard EN 14214 limitálja a linolsav metil észter tartalmat a biodízelben, közlekedési célokra, 12%-ra (mol). Hasonló szabályozás nincsen a biodízel fűtőolajként való hasznosításakor, de az elfogadott biodízelnek más vonatkozó kritériumoknak kell megfelelnie, amelyek az olaj teljes telítetlenségének mértékére vonatkoznak.

Az olaj teljes telítetlenségét a jód érték mutatja. Az EN 14214 és EN 14213 standard megkívánja, hogy a biodízel jód értéke ne haladja meg a 120 és 130 g jód/100 g biodízel értéket, egyenként. Továbbá mindkét európai szabályozás korlátozza a FAME tartalmát 4 és több dupla kötésre, maximum 1% mol-ig.

Sok mikroalga olaj összetételét nézve legtöbbjük valószínűleg nem felel meg az Európai biodízel szabályoknak, standardoknak, de ez nem szükségszerűen fontos korlátozás. A mikroalga olaj telítetlenségének mértéke és zsírsav tartalma 4 dupla kötéssel könnyedén csökkenthető az olaj részleges katalitikus hidrogenizálásával (Jang … 2006), ami ugyanaz a technológia, amit gyakran használnak, amikor növényi olajokból margarint állítanak elő.

**A biodízel gyártás gazdaságossági áttekintése**

A mikroalga biomasszából történő olajnyerést és annak biodízellé alakítását nem befolyásolja az, hogy a biomasszát keringetőben, vagy fotobioraktorban gyártják. Ezért a biomassza gyártás költsége az egyetlen fontos tényező az összehasonlítás értékelésénél.

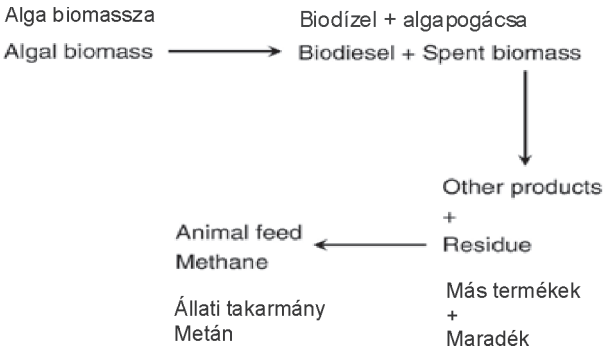
A 3. táblázatban tárgyalt adottságoknál egy kilogramm mikroalga biomassza gyártásának becsült költsége 2.95 dollár és 3.80 dollár fotobioreaktoroknál és keringetőknél, egyenként. Ezek a becslések feltételezik, hogy a szén-dioxid költségek nélkül beszerezhető. A becslési módok korábban tárgyalva lettek (Humphreys…. 2003). Ha az évi biomassza gyártás kapacitása 10,000 tonnára nő, a gyártás költsége kilogrammonként durván 0.47 és 0.60 dollárra csökken fotobioreaktorok és keringetők esetében, egyenként, a méretgazdaságosság miatt. Feltéve, hogy a biomassza 30% olajat tartalmaz súlyban, a biomassza költsége, amellyel egy liter olajat biztosít, valahol 1.40 és 1.81 dollárnál van, fotobioreaktorok és keringetők esetében, egyenként. Az olaj, amit alacsonyabb költségű biomasszából nyernek fotobioreaktorokban, 2.80 dollárba kerülne, becslés szerint. Ez feltételezi, hogy a visszanyerési folyamat 50%-ot ad hozzá a végső, visszanyert olajhoz. Ezzel összehasonlítva, 2006-ban, a nyers pálma olaj ára, ami valószínűleg a legolcsóbb olaj, átlagban 465dollár/t, vagy kb. 0.52 dollár/L.

Az Egyesült Államokban 2006-ban az országúton használt diesel olaj ára 0.66 és 0.79 dollár/L között volt. Ebben az árban benne van az adó (20%), a nyers olaj költsége (52%), finomítási költségek (19%), elosztás és marketing (9%). Ha az adókat és elosztást kizárjuk, az átlagos diesel olaj ár 2006-ban 0.49 dollár/L 73%-os adóval a nyersolajból és 27%-os hozzájárulással a finomításból.

A pálma olajból nyert biodízel durván 0,66 dollár/L, 35%-kal több, mint a diesel olaj. Ez azt sugallja, hogy a pálma olaj biodízellé történő alakításának folyamata kb. 0,14 dollár/L árat ad az olaj árához. Ahhoz, hogy a pálma olajból származó biodízel versenyképes legyen a diesel olajjal, a pálma olaj ára nem haladhatná meg a 0,48dollár/L értéket, feltéve, hogy nincs adó a biodízelen Ugyanazt az analógiát használva, az indokolt cél ár a mikro alga olajnál 0,48 dollár/L, hogy az alga diesel versenyképes legyen a diesel olajjal. A diesel olajtól való függőség kiesése és a környezeti fenntarthatóság megköveteli,hogy az alga olaj gyártásának költsége 2,80 dollár/L-ről 0,48 dollár/L-re csökkenjen. Ez stratégiai cél. A költségcsökkentés szükségszerűen 0,72 dollár/L felé hajlik, ha az alga biomassza fotobioreaktorokban készül és 70% olajat tartalmaz súlyban. Ezen megkívánt költségcsökkentő szintek lényegesek, de meg is valósíthatóak.

A mikroalga olaj potenciálisan teljesen helyettesítheti a kőolajat mint szénhidrogén nyersanyag a kőolaj ipar számára. Ahhoz, hogy ez megtörténjen a mikroalga olaj olyan áron kell, hogy beszerezhető legyen, ami durván a nyers olaj árához áll közel, vagyis az alábbi:

$C_{alga\ olaj}$=6.9x10-3$C_{kőolaj}$ ahol a $C_{alga\ olaj}$ (dollár/L) a mikroalga olaj ára és a Ckőolaj pedig a nyers olaj ára dollárban, hordónként. Például ha a fennálló ár a nyersolaj esetében 60dollár/hordó, akkor a mikroalga olaj nem kerülhet többe 0,41 dollár/L-nél, ha a nyers olaj helyettesítésére szolgál. Ha a nyers olaj ára felemelkedik 80 dollár/hordóra, ahogy néha azt meg lehet jósolni, akkor a mikroalga olaj 0,55 dollár/L áron helyettesítheti gazdaságilag a nyersolajat. Feltételezzük, hogy az alga olaj durván 80%-a a nyers olaj energia tartalmának.




*6. ábra Mikroalga biodízel finomítás: alga biomasszából többféle termék gyártása*

## A MIKROALGA-BIODÍZEL GAZDASÁGOSSÁGÁNAK JAVÍTÁSA

A mikroalga-biodízel termelési költségei lényegesen csökkenthetők a biofinomító alapú termelési stratégiával, a mikroalgák képességeinek javításával génmanipulációs technikákkal, és a fejlődéssel a fotobioreaktorok módosításában.

**Biofinomítón alapuló stratégia**

Egy olajfinomítóhoz hasonlóan a biofinomító is minden elemét használja a biomassza nyersanyagának a hasznosítható termékek előállításához. Mivel a biomassza minden elemét használják, bármely adott termék össztermelési költsége csökken. Integrált biofinomítókat üzemeltetnek már Kanadában, az Egyesült Államokban és Németországban bioüzemanyagok termelésére és egyéb termékekre, melyeket olyan terményekből állítanak elő, mint a gabona és a szójabab. Ez a megközelítés használható a mikroalga-biodízel előállítási költségeinek csökkentésére is. Az olajokon túl, a mikroalga-biodízel tartalmaz jelentős mennyiségű fehérjét, szénhidrátot és más tápanyagokat(Sánchez Mirón et al., 2003). Ezért a biodízel termelési folyamatokból megmaradó biomassza potenciálisan állati takarmányozásra is használható (6. ábra) A megmaradó biomassza egy része használható - anaerob feltárással - metán előállítására olyan elektromos áram létrehozására, mely a mikroalga-biomassza termelő berendezést üzemeltetéséhez szükséges. A felesleges áramot el lehet adni, hogy fedezze a biodízel előállításának költségeit. Habár a mikroalga-biomassza használata közvetlenül metán előállítására anaerob feltárással (Mata-Alvarez et al., 2000; Raven és Gregersen, 2007) technikailag megvalósítható, mégsem

versenyképes a számos egyéb alacsony költségű szerves szubsztráttal, melyek anaerob feltárásra rendelkezésre állnak.

Mindazonáltal, az alga-biomassza maradék, mely az olaj kivonása után megmarad, potenciálisan metán készítésre is alkalmas. Egy mikroalga biofinomító egyszerre tud biodízelt, állati takarmányt, biogázt és elektromos áramot is termelni. *(6. ábra)*

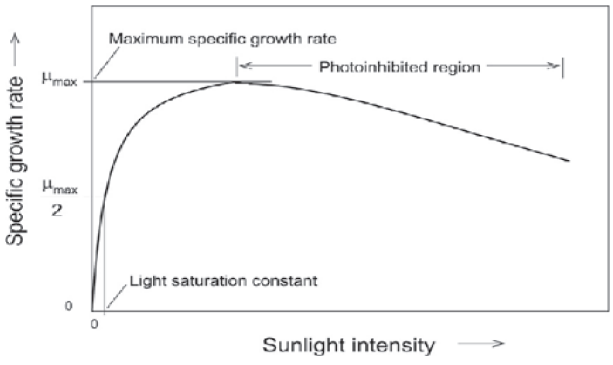
Más értékes termékek kivonása is keresztül vihető, a speciálisan használt mikroalgák függvényében.

Fényszaturáció és fotoinhibíció

A fényszaturációt a fényszaturációs konstans jellemzi (7.ábra), azaz a fénynek olyan intenzitása, melyen az adott biomassza növekedési ütem fele a maximumának, µmax-nak. A fényszaturációs konstans a mikroalgáknál jellemző módon sokkal alacsonyabb, mint a maximális napfényszint dél környékén. Például, a fényszaturációs konstans a Phaeodactylum tricornutum és Porphyridium cruentum mikroalgáknál 185 µE m− 2 s− 1 (Mann és Myers, 1968) és −2 s− 1 (Molina Grima et al., 2000),˜ 200 µE m tekintetében.

Ezekkel az értékekkel összehasonlításképp a jellemző déli kinti fényintenzitás az egyenlítői területeken körülbelül 2000 µE m− 2 s− 1. A fényszaturáció miatt a biomassza növekedési üteme sokkal alacsonyabb, mint akkor lehetnek, ha tudnánk a fényszaturáció mértékét lényegesen növelni.

Egy bizonyos fényintenzitás érték felett, további növekedés a fényszintben ténylegesen csökkenti a biomassza növekedési ütemét. *(7. ábra)*. Ezt a jelenséget fotoinhibíciónak (fény-gátlás) hívják. A mikroalgák fénytől gátolttá válnak már egy kissé magasabb szintjétől is a fénynek, mint amelyen a rájuk jellemző növekedési ütemük eléri a csúcsot. A fotoinhibíció a fotoszintetizáló szervek általában visszafordítható károsodásából ered, a túlzott fény következtében. (Camacho Rubio et al., 2003). A fotoinhibíció megszüntetése, vagy kitolása nagyobb fényintenzitások irányába nagyban növelheti a napi átlagos növekedési rátáját az alga-biomasszának.




*7. ábra A fényintenzitás hatása a mikroalgák sajátos növekedési ütemére*

Specific growth rate - sajátos növekedési ütem
Sunlight intensity - napfény intenzitása
Maximum specific growth rate - Maximális sajátos növekedési ütem
Photoinhibited region - Fénygátolt régió
Light saturation constant - fényszaturációs konstans

**Az alga biológiájának javítása**

A genetikai és metabolikus tervezésnek van valószínűleg a legnagyobb hatása a mikroalga-dízel gyártás gazdaságosságának javításában. (Roessler et al., 1994;

Dunahay et al., 1996). A mikroalgák genetikai módosítása kis figyelmet kapott (León-Bañares et al., 2004). Molekula szintű tervezést szintén használhatunk arra, hogy potenciálisan:

1. növeljük a fotoszintetikus hatékonyságot a nagyobb biomassza hozam érdekében fény hatására;
2. javítsuk a biomassza növekedési rátát;
3. növeljük az olaj tartalmat a biomasszában;
4. javítsuk a hőmérséklet tűrőképességet, hogy csökkentsük a hűtési költségeket
5. kiküszöböljük a fényszaturáció jelenségét, hogy a növekedés tovább folytatódjon a növekvő fényszintre válaszul;
6. a fotogátlást csökkentsük, mely ténylegesen csökkenti a növekedés ütemét a déli fényintenzitások esetében, melyek a mérsékelt és a trópusi zónákban történnek,; és
7. csökkentsük a fotooxidációra való fogékonyságot, mely károsítja a sejteket.

Ráadásul, szükség van arra, hogy azonosítsunk lehetséges biokémiai hatás kiváltó anyagokat és környezeti tényezőket, amelyek esetlegesen kedveznek az olaj felhalmozódásának. A stabilitás a tervezett filtrálások és a stabil termelés eléréséhez szükséges módszerek az ipari mikrobás folyamatokban fontos kérdésként ismertek (Zhang et al., 1996), de szinte alig vizsgálták még mikroalgák esetében.

**Fotobioreaktor tervezés**

Habár egy megbízható tervezésre és csöves fotobioreaktorok működésére való képesség felmerült (Acién Fernández et al., 1997, 1998, 2001; Camacho Rubio et al., 1999; Molina Grima et al., 1999, 2000, 2001; Sánchez Mirón et al., 1999, 2000; Janssen et al., 2003; Carvalho et al., 2006), problémák még maradtak.

Fotobioreaktor csövek, melyeket nagy sűrűségű kultúrával működtetnek, hogy nagy termelékenységet érjenek el, elkerülhetetlenül tartalmaznak egy fénylimitált központi sötét zónát és egy viszonylag jobban megvilágított periferális zónát (Molina Grima et al., 1999,2001).

A fényintenzitás a fénylimitált zónában alacsonyabb, mint a szaturációs fény szint. (2. keret) A csőben lévő turbulencia a folyadék gyors körforgását okozza a világos és a sötét zónák között. A világos-sötét körforgás frekvenciája számos tényezőtől függ, többek közt a turbulencia erősségétől, a sejtek koncentrációjától, a kultúra fénytani tulajdonságaitól, a cső keresztmetszetétől, és a külső sugárzási szinttől (Molina Grima et al., 2000, 2001).

Elegendő és túlzott sugárzási szinteken egy bizonyos frekvencia feletti világos-sötét körforgás növelheti a biomassza termelékenységet ahhoz az esethez képest, amikor ugyanakkora mennyiségű fényt biztosítanak folyamatosan, ugyanakkora összes expozíciós idővel. (Phillips és Myers, 1953; Terry, 1986; Grobbelaar, 1994; Nedbal et al., 1996; Grobbelaar et al., 1996; Camacho Rubio et al., 2003).

A 10ms-os világos-sötét ciklusidőkről például tudjuk, hogy javítják a növekedést összehasonlítva a folyamatos megvilágítással azonos kumulatív mennyiség esetén. Jótékony hatásai a gyors világos-sötét ciklusváltásoknak fényszaturációs körülmények között, a rövid sötét periódussal hozhatók összefüggésbe, mely a sejtek fotoszintetikus berendezésének az előző megvilágítási esemény izgalmi állapotából való teljes regenerációját megengedi.

Számos kísérletet tettek a világos-sötét ciklusváltások frekvenciájának megbecslésére (Molina Grima et al., 1999, 2000, 2001; Sánchez Mirón et al., 1999; Janssen et al., 2003; Richmond, 2004), de ez a probléma megoldatlan maradt.

A világos-sötét ciklusváltások termelékenység javító hatásától eltérően a turbulencia egy sűrű kultúrában csökkenti a fénygátlást és a fénykorlátozást a jól megvilágított zónában is és a sötét zónában is hosszú időtartamokra.

Általában, a mozdulatlan keverők, melyeket a fotobioreaktor csöveken belül telepítettek, használhatók arra, hogy lényegesen javítsák a keveredést a periférián lévő megvilágított zóna és a belső sötét zóna között (Molina Grima et al., 1999, 2001; Sánchez Mirón et al., 1999). Az ehhez hasonló keverők hatásosnak bizonyultak más csöves reaktorokban is (Chisti et al.,1990; Chisti, 1998; Thakur et al., 2003). Sajnos a már meglévő mozdulatlan keverők nem kielégítőek a fotobioreaktorok számára, mivel alapvetően csökkentik a fényáteresztő képességet a csövekben. Új mozdulatlan keverők tervezése szükséges.

A magasabb rendű növények (Moo-Young és Chisti, 1988) és állatok (Zhang et al., 1995; Chisti, 2000, 2001; García Camacho et al., 2005) sejtjeihez hasonlóan a mikroalgákat pusztítják az intenzív hidrodinamikus nyírómezők, amelyek a nagysebességű áramlásban jelennek meg a csövekben valamint a szivattyúkban és keverőtartályokban (Chisti, 1999a; García Camacho et al., 2001, 2007; Sánchez Mirón et al., 2003; Mazzuca Sobczuk et al., 2006).

Bizonyos algák érzékenyebbek a nyírásveszteségre, mint mások. A nyírásérzékenység jelentős problémát vethet fel, mivel azt a turbulencia erősséget, amelyre szükség van a fotobioreaktorokban az optimális világos-sötét ciklus létrehozásához (Grobbelaar et al., 1996; Camacho Rubio et al., 2003) nehéz elérni (Molina Grima et al., 2000, 2001; Camacho Rubio et al., 2004) anélkül, hogy algasejteket károsítsunk.

Módszereket fejlesztettek ki a korlátozott intenzitásnál fellépő turbulenciához kapcsolódó veszteségek csökkentésére (García Camacho et al., 2001; Mazzuca Sobczuk et al., 2006). A vágási stressz intenzitásait nem lehet könnyen meghatározni a bioreaktorokban (Chisti és Moo-Young, 1989; Chisti, 1989, 1999a), de egyre javuló módszerek bontakoznak ki (Sánchez Pérez et al., 2006).

Bizonyos algák a fotobioreaktor belső falát részesítik előnyben a növekedésük során, így meggátolják a fény átjutását a cső belsejébe és csökkentik a bioreaktor termelékenységét.

Nagy teljesítményű módszerekre van szükség a falon történő növekedés kontrollálására. A falon történő növekedést az alábbi módszerek némelyikével kontrollálják

1. hatalmas léggolyók használatával, hogy időszakosan kiöblítse a cső belső felületét;

2. szorosan illeszkedő golyók átforgatásával a folyamatosan működő csövekben hogy kitisztítsák a belső felületet;

3. nagyon turbulens áramlással; és

4. lebegő homok vagy homokkő részecskékkel, hogy ledörzsölje a belső felülethez tapadó biomasszát. Esetleg olyan enzimeket is, melyek megemésztik azt a polimer ragasztót, mely az algasejteket a csőfalhoz köti, lehet használni a falon történő növekedés kontrollálására.

Azok a biofolyamat felerősítő megközelítések (Chisti és Moo-Young, 1996; Chisti, 2003), amelyek oly sikeresnek bizonyultak a különféle biotechnológia alapú folyamatok gazdaságosságának javításában szinte alig lettek számításba véve fotobioreaktorokkal való használatra.

**Konklúzió**

Mint azt itt bemutattuk, a mikroalga-biodízel technikailag megvalósítható. Ez az egyetlen olyan megújuló biodízel, mely lehetőség szerint teljesen helyettesítheti a kőolajból származó folyékony üzemanyagokat. A mikroalga-biodízel gazdaságosságának lényegesen kell javulni ahhoz, hogy versenyképessé váljon a kőolajból származó gázolajjal, de a szükséges fejlődési szint elérhetőnek látszik.

Az alacsony költségű mikroalga-biodízel termelésnek elsősorban alga-biológiai fejlesztésre van szüksége genetikai és metabolikus tervezés révén. A biofinomító koncept és a fotobioreaktor tervezés fejlődése tovább csökkenti a termelés költségeit. A hatalmas termelékenységük ismeretében a csöves fotobioreaktorokat valószínűleg a biodízel gyártáshoz szükséges mikroalga biomassza nagy részének termelésében használni fogják.

A fotobioreaktorok egy olyan ellenőrzött környezet biztosítanak, amelyet hozzá lehet igazítani az igen termelékeny mikroalgák speciális szükségleteihez, hogy egy következetesen jó éves olaj termést érjünk el.

## ALGA-OLAJKINYERÉS MÁS MÓDSZEREKKEL

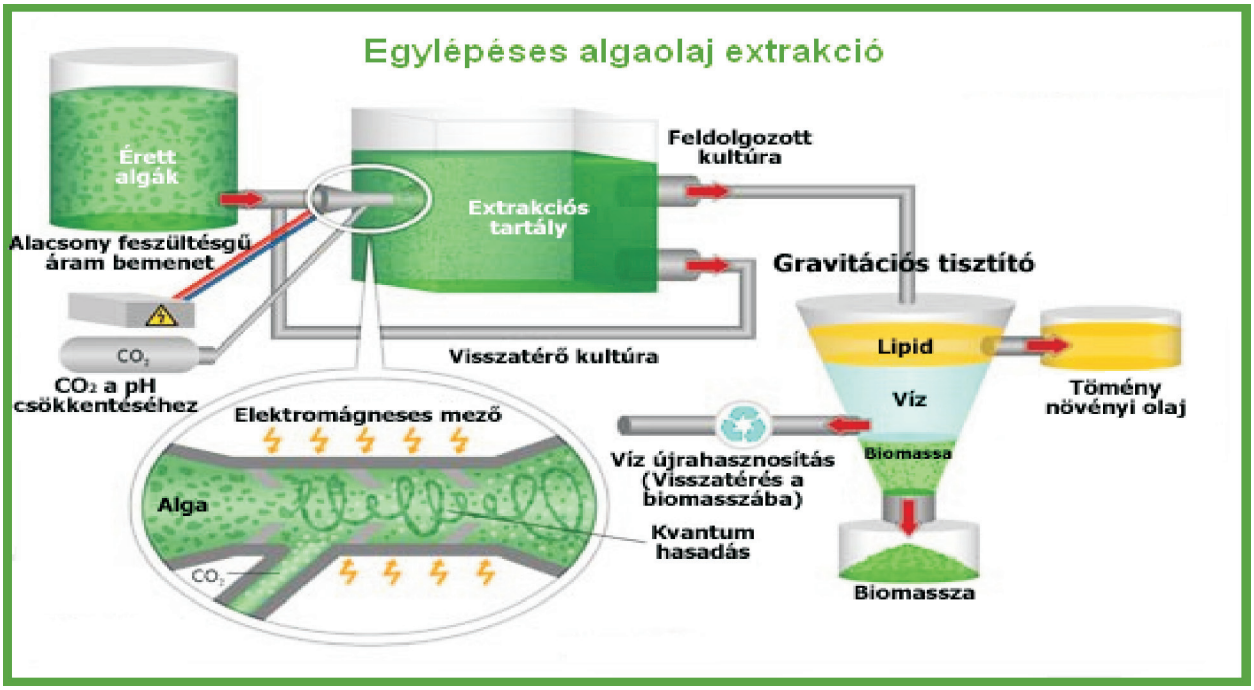
**Az eglépéses extrakció:**

- Az eglépéses algaolaj extrakciós folyamat egyszerűbb és hatékonyabb a jelenlegi módszereknél, nem szükséges hozzá vegyszer vagy jelentős költségekkel járó nehéz gépezet.
- Az eglépéses folyamat kevesebb, mint egy óra alatt betakarítja, sűríti és kivonja az olajat az algákból, és elkülöníti az olajat, a vizet és a biomasszát egy lépésben.
- A kvantum hasadásos technológia egyesíti az elektromágneses impulzusokat és a pH módosítást annak érdekében, hogy lerombolja a sejtfalakat és ezáltal kinyerje az olajat az algasejtekből.

**Ezenkívül ismerünk még további ígéretes eljárásokat is:**

- A Cavitation Technologies RT. kifejlesztett egy olyan technológiát, mely képes olajat kivonni az algákból egy az extrakción alapuló folyamatos bázisú üregesedést kihasználó technológiával. A CTI nanoreaktora üregesedési buborékokat állít elő egy oldószerben. Amikor ezek a buborékok a sejtfalakhoz közel elpukkannak, akkor lökéshullámok és folyadéksugarak keletkeznek, amelyek széttörik a sejtfalakat, így a sejtek kiengedik tartalmukat az oldószerbe.
- A Catilin és Iowa Állami Egyetem - Catalysis központjában mezoporózus nanorészecskéket használnak, hogy szelektíven kivonják és különválasszák a kívánt üzemanyagot tartalmazó és a nagy értékű alkotórészeket az alga lipid keveréken belül. A maradék algaolaj, mely szabad zsírsavakat és triglicerideket tartalmaz biodízellé lesz átalakítva a T300-as katalizátort használva. Ez a technológia hatékony. A szilárd katalizátor költséghatékony átalakítási módot biztosít.

**Valamint említésre méltó a német HIELSCHER cég által kifejlesztett és gyártott ulrahangos technológia.**




## AZ ALGA-FOTOBIOREAKTOR TERVE ÜVEGHÁZBAN

- A génmódosított cca. 70%-os olajtartalmú algafajok már gazdaságosak lehetnek olaj előállítására. Egy liter algaolaj előállításának jelenlegi költségeit a szakirodalmi adatok cca. 75.- Ft körülire teszik. Ennek konkrét mértékét elsősorban a technológia befolyásolja.
- Az algaolaj sok szempontból (sűrűség, viszkozitás, fűtőérték) közelebb áll a dízelolajhoz a többi növényi olajnál, ugyanakkor a többi növényolajnál több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. Ez hátrányosan befolyásolja a belőle készített biodízel stabilitását, viszont jóval könnyebb hidegindítást tesz lehetővé. Az algaolaj nagy telítetlen zsírsavtartalma, magas jódszáma, valamint magas nyomelem-tartalma táplálkozás-élettani szempontból kiválóak, azonban az algaolaj átészterezését megnehezíthetik.
- Ha ezt az olajat fűtőolajként szeretnénk hasznosítani akkor észterezni nem szükséges. Az alga-biodízel előállítása észterezési eljárással további cca.



*Alganevelés üvegházban, új létrás elrendezésű zárt típusú polikarbonát csőrendszerben*

10.- Ft-ba kerül literenként.

**Paraméterek**

- Egy 6 m vápamagasságú üvegházban algalétára 20 emeletnyi 15 cm átmérőjű polykarbonátcső helyezhető el.
- Egy folyóméter csőben 17,5 liter algaszuszpenzió kering.
- A 3000 $m^2$ üvegházban 2500 $m^2$-en terül el az algafotobioreaktor csőhálózata, 500 $m^2$ pedig a gépészet található.
- Egy algalétra hossza 48 m.
- Egy algalétrán 1920 fm 15 cm átmérőjű cső van.
- Egy algalétra rendszerben 33.600 liter algaszuszpenziót keringetünk.
- 2500 $m^2$-en 25 darab létrarendszer van.
- A 25 fotobioraktorban összesen 840.000 liter algaszuszpenzióban szaporodik az alga.
- Ebben a konstrukcióban olyan génmódosított algát nevelünk amelynek olajtartalma eléri a 70%-ot.
- Az üvegházban ( éjszakai mesterséges megvilágítás mellett) 24 órán keresztül szaporodik az alga.
- Ebben rendszerben cca. 10.000 liter algaolajat termelhetünk naponta.

**A rendszer**

Az alga:

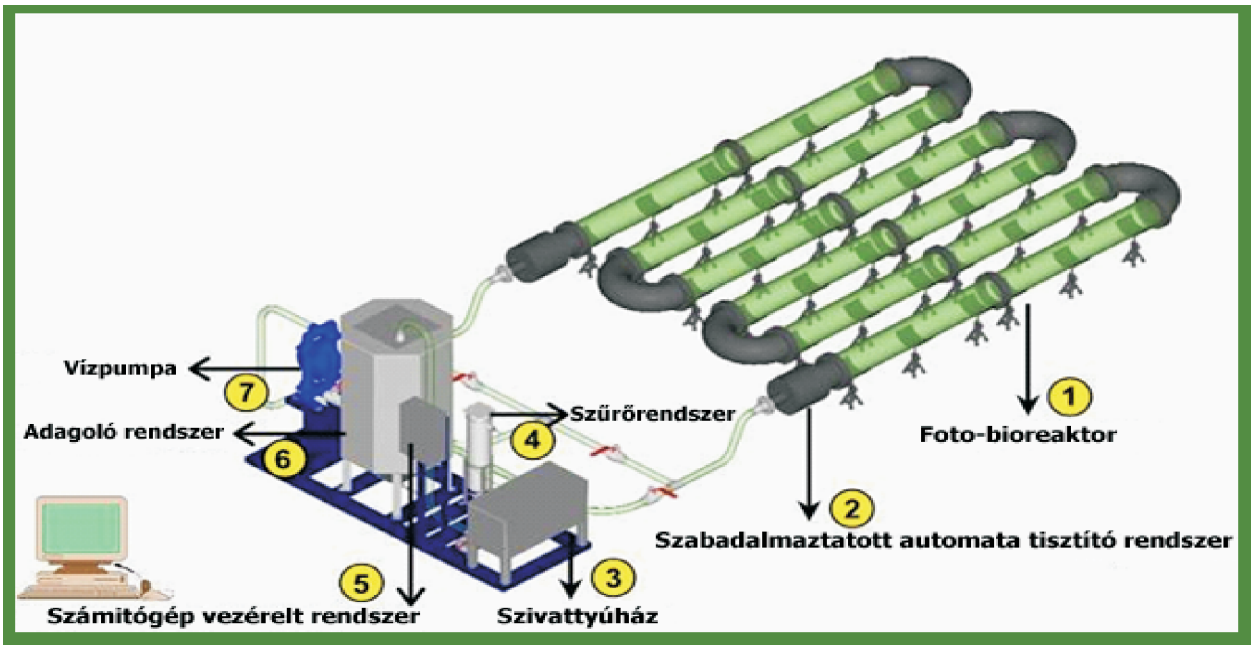
- Chlorella minutissima alga olajtartalma 39,9%.
- 20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene.
- 5,7 pH értékű vízben kell szaporítani.
- Az algának a szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük.
- A mesterséges megvilágításnak legalább 130 lux/$m^2$ kell lenni.
- A vízben a buborékoltatáshoz 2% oldott $CO_2$-nek kell lenni.
- Tápanyag összetétele KHRPO 1,31; MgSO4 7H20, 0,5; urea, 0,44. Ca. 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01. Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA. pH 6.0.

**További információk**

- Amennyiben a legkevésbé hatékony módszert vesszük alapul abban az esetben naponta egyszeri szürettel a 840.000 liter alga szuszpenzióbol cca. 5% tiszta száraz alga anyag nyerhető.
- Az így kinyert 42.000 liter száraz algának cca. 30%-a az olaj tartalom.
- Ultrahangos eljárással cca. 12.600 liter alga olaj nyerhető.
- Kísérleteink bizonyították, valamint a világ többi vezető alga kutatója által is elismert tény, hogy 1kg alga száraz anyag előállításához cca. 3 kg $CO_2$ felhasználásra van szükség.
- Így ha az üvegházban elhelyezett foto-bioreaktorunkban csak napi 1 „szürettel” számolunk abban az esetben is cca. 126.000kg CO2 felhasználására kerül sor.

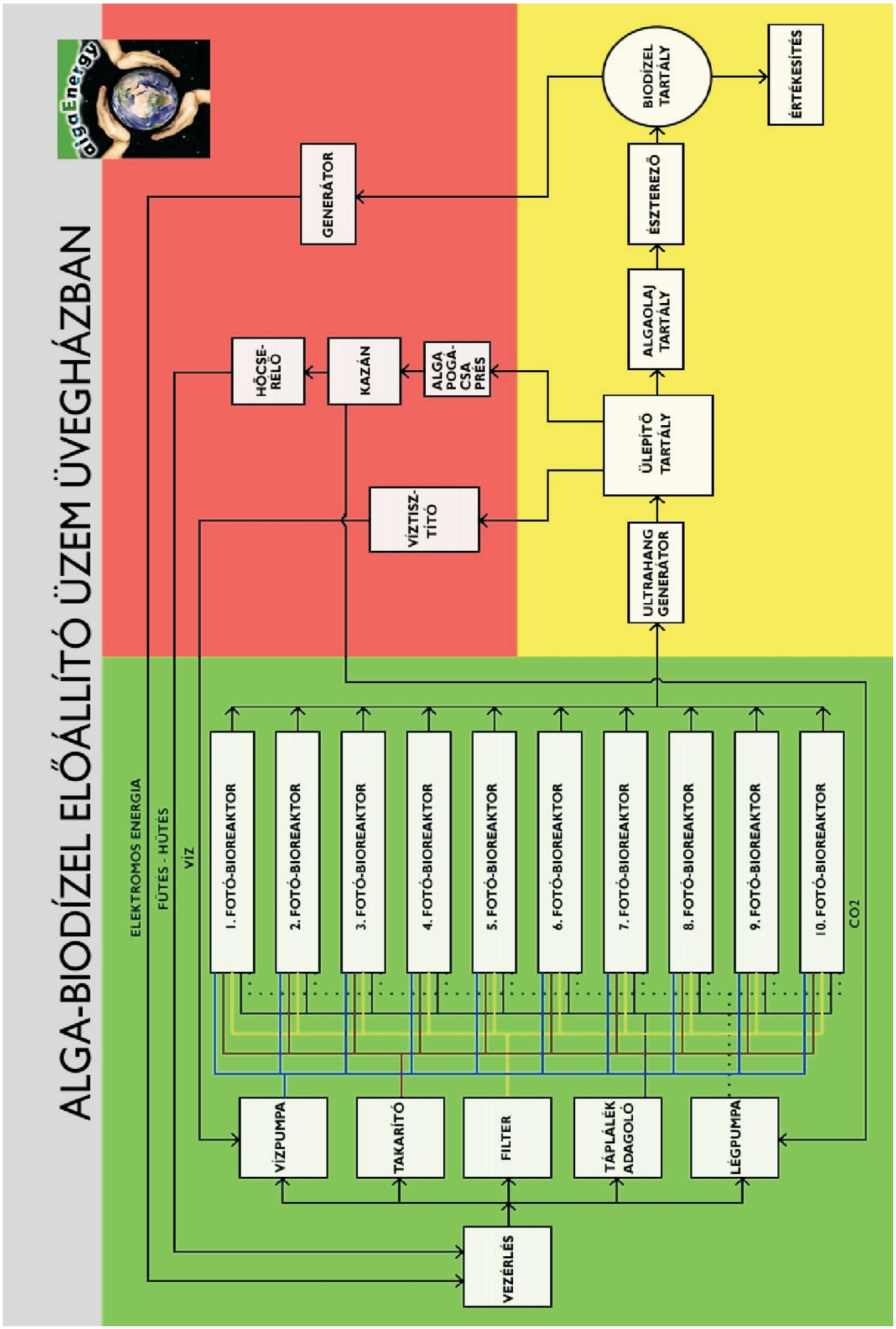
**Konklúzió**

- Természetesen a legújabb kutatások szerint az algaszuszpenzióból akár 15% tiszta száraz alga anyag is nyerhető.
- Továbbá az alga genetikai módosítása következményeként az alga olajtartalma elérheti akár




**Az alga-biodízel kémiai összetétele**

| Alga-biodízel | Egységek | Alsó határ | Felső határa | Test-módszer |
|---|---|---|---|---|
| FAME tartalom | % (M / m) | 96,5 | - | EN 14103 |
| Sűrűség 15 ° C | kg / m³ | 860 | 900 | EN ISO 3675/EN ISO 12185. |
| Viszkozitás 40 ° C | mm ² / s | 3,5 | 5,0 | EN ISO 3104 |
| Flash pont | ° C | > 101 | - | EN ISO 2719/EN ISO 3679. |
| Kén tartalom | mg / kg | - | 10 | -EN ISO 20846/EN ISO 20884. |
| Szén- maradék maradéka (10%-oslepárlásimaradvány) | % (M / m) | - | 0,3 | EN ISO 10370 |
| Cetánszám | - | 51,0 | - | EN ISO 5165 |
| Szulfáthamutartalom | % (M / m) | - | 0,02 | ISO 3987 |
| Víz tartalom | mg / kg | - | 500 | EN ISO 12937 |
| Összes szennyeződés | mg / kg | - | 24 | EN 12662 |
| Rézszalag korrózió (3 óra 50 ° C) | értékelése | Class 1 | Class 1 | EN ISO 2160 |
| Oxidációs stabilitás, 110 ° C | óra | 6 | - | prEN 15751/EN 14112 |
| Savszám | mg KOH / g | - | 0,5 | EN 14104 |
| Jódszám | - | - | 120 | EN 14111 |
| Linolénsav -metilészter | % (M / m) | - | 12 | EN 14103 |
| A többszörösen telítetlen (> = 4 Dupla kötvények) metilészter | % (M / m) | - | 1 | EN 14103 |
| Metanol tartalom | % (M / m) | - | 0,2 | HU 14110l |
| Monoglicerid tartalom | % (M / m) | - | 0,8 | EN 14105 |
| Digliceridfrakcióval tartalom | % (M / m) | - | 0,2 | EN 14105 |
| Triglicerid-tartalom | % (M / m) | - | 0,2 | EN 14105 |
| Ingyenes Glicerin | % (M / m) | - | 0,02 | EN 14105 /EN 14106 |
| Összesen Glicerin | % (M / m) | - | 0,25 | EN 14105 |
| I. csoport fémek (Na + K) | mg / kg | - | 5 | EN 14108/EN 14109/ EN 14538 |
| A II fémek (Ca + Mg) | mg / kg | - | 5 | EN 14538 |
| Foszfortartalma | mg / kg | - | 10 | EN1410 |


ALGA-BIODÍZEL ELŐÁLLÍTÓ ÜZEM ÜVEGHÁZBAN
AlgaEnergy
ELEKTROMOS ENERGIA
FŰTÉS - HŰTÉS
VÍZ
CO2
GENERÁTOR
BIODÍZEL TARTÁLY
ÉRTÉKESÍTÉS
ÉSZTEREZŐ
ALGAOLAJ TARTÁLY
ÜLEPÍTŐ TARTÁLY
ULTRAHANG GENERÁTOR
VÍZTISZ-TÍTÓ
HŐCSE-RELŐ
KAZÁN
ALGA POGÁ-CSA PRÉS
1. FOTÓ-BIOREAKTOR
2. FOTÓ-BIOREAKTOR
3. FOTÓ-BIOREAKTOR
4. FOTÓ-BIOREAKTOR
5. FOTÓ-BIOREAKTOR
6. FOTÓ-BIOREAKTOR
7. FOTÓ-BIOREAKTOR
8. FOTÓ-BIOREAKTOR
9. FOTÓ-BIOREAKTOR
10. FOTÓ-BIOREAKTOR
VÍZPUMPA
TAKARÍTÓ
FILTER
TÁPLÁLÉK ADAGOLÓ
LÉGPUMPA
VEZÉRLÉS

# HARMADIK VÁLASZ: MAGYAR K+F
# A PLAZMAERŐMŰ-ALGAREAKTOR KOMBINÁT

## HULLADÉKBÓL ENERGIA

A világon jelen pillanatban több eljárással is állítanak elő hulladék megsemmisítéssel energiát:

- Égetőkben hagyományos módon megsemmisítik (elégetik) a hulladékot és ebből energiát nyernek. Káros anyag kibocsátásuk miatt a környezetre nagy megterhelést jelentenek ezek az égetők.
- Pirolízis és termikus oxidáció egy- vagy két kamrában való megvalósítása – vagyis amikor egy- vagy két kemencében 850 °C hőmérsékleten a hulladékot elgázosítják. Mivel ezen eljárásban a hulladék megsemmisítése (égetése) oxigén jelenléte nélkül megy végbe a környezeti terhelés kisebb mint az előző eljárásnál. Keletkezett gázt elégetik és az így keletkezett hővel gőzt generálnak. Természetesen a keletkezett pirogáz elégetésekor a környezetre káros széndioxid keletkezik.
- A hulladék megsemmisítése plazmakémikus úton – vagyis a hulladék plazmakemencébe kerül, ahol 1700 °C hőmérsékleten semmisül meg és a keletkezett pirogáz elégetésével gőzt generálnak – ilyenkor széndioxid keletkezik. Mivel ennél a technológiánál még magasabb hőmérsékleten történik a hulladék megsemmisítése így a káros emisziók alacsonyabbak az előző technológiánál.

A fenti erőművek az input anyag alacsony kalóriaértéke miatt csak hőenergiát állítanak elő, ha a mégis elektromos energia előállítása a cél, abban az esetben több mint 50%-ban szükséges hozzáadni fosszilis energiaforrásokat és így az előállított energia már nem minősül „zöld" energiának. Valamennyi technológiánál a gáz elégetésékor CO2 keletkezik, mely tovább súlyosbítja a klímaváltozás következményeit.

**Az új technológia miben különbözik az eddig ismertektől?**

- A világon léteznek plazmaerőművek, melyek hulladékot semmisítenek meg és pirogázt állítanak elő. A keletkezett gázt elégetik és az így keletkezett hővel gőzt generálnak. Vannak olyan változatai is, melyek a pirogázból nem hőenergiát állítanak elő, hanem földgáz vagy kőolaj hozzáadásával gázturbinát üzemeltetnek, és elektromos energiát termelnek, valamint hasznosítják a gázturbina hulladékhőjét.
- A világon már több felé is állítanak elő algabioolajat vagy alga-biodízelt. Ezek a technológiák olyanok, hogy tóban vagy csőrendszerben algát szaporítanak – keringetik, táplálékot és CO2-t adagolnak növekedésük elősegítése miatt – majd a leszűrt algamasszából különböző módon (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) kivonják az olajat és azt észterezve biodízelt állítanak elő.
- Ezt a két technológiát még eddig senki sem vonta össze – vagyis az elektromos energia termeléséhez a gázturbina meghajtására a pirogáz mellé még nem alkalmaztak algából előállított biodízelt, hogy így 100%-os „zöld" energiát állítsanak elő.
- Az új technológia azon kívül, hogy két eddig ismert eljárást ötvöz, tartalmaz egy jelentős környezetvédelmi újítást is:

A gázturbináknál, melyek elektromos energiát termelnek, melléktermékként keletkezik egy úgynevezett kipufogógáz is, mely CO2-t tartalmaz és a légkörbe jutva nagymértékben károsítja a környezetet.

Az új megoldás szerint ezt a keletkező CO2-t nem engedjük a légkörbe, hanem a gázturbinák szomszédságában működő algaüzembe vezetjük és keverőrendszeren keresztül táplálékként az algaszuszpenzióba adagoljuk.

A fenti eljárás a termelt elektromos energiát 100%-ban „zöld" energiaként biztosítja – egyrészt azért, mert a pirogáz mellé nem kőolajszármazékokat adagolunk a gázturbina meghajtásához, hanem azért is, mert a káros-anyag-kibocsátás zéró.

A gázturbina kipufogógázának széndioxid tartalma nem jut a légkörbe, a többi károsanyagot felfogó filterek pedig használat után a plazmareaktorba kerülnek és mivel a plazmareaktor veszélyes hulladék megsemmisítésre is alkalmas, így azok sem okoznak környezeti terhelést.

Az algaolaj kinyerése után visszamaradt algapogácsa az ipari és kommunális hulladékkal összekeverve a plazmareaktorba kerül.

**Összefoglaló**

**A klímaváltozás tragikus következményeit a tudósok megpróbálják új környezetkímélő technológiák bevezetésével enyhíteni, különösképpen igaz ez az energiatermelés és felhasználás területére.**

**Az új elektromos energiatermelő erőmű valójában KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ!**

**A környezetet terhelő és káros gázokat kibocsátó ipari és kommunális hulladék számára nem kell sokmilliárdos költséggel tárolókat kialakítani, hanem megsemmisítésre kerül úgy, hogy még energiát is nyer az emberiség.**

**Az algák valójában termőterületet nem foglalnak el és olajhozamuk nagyobb a legjobb olajnövényekénél is. Az algából úgy állíthatunk elő bioüzemanyagot, hogy azt nem emberi táplálékból (repce, szója, gabona) tesszük. Az algák szaporodása állandó és évszaktól független – naponta többször is „aratható".**

**A két energiát összevonva üzemel a gázturbina, mely elektromos energiát termel. A gázturbina hulladékhője egyrészt gőzturbinát hajt, mely szintén elektromos energiát termel, valamint energiát biztosít (fűti-hűti) az üvegházat, melyben folyik az algatermelés.**

**A technológia kockázat nélkül megvalósítható, mivel már ismert és működő technológiákat ötvöz úgy, hogy ezáltal kíméli a környezetet (ártalmas hulladékot semmisít meg), nem használ fel kőolajszármazékokat és káros anyag kibocsátása nélkül nagy mennyiségű elektromos energiát termel.**

# MAGYAR K+F A PLAZMAERŐMŰ-ALGAREAKTOR KOMBINÁT

Párhuzamosan két kutatás folyt:

- Az egyik kutatócsoport a hulladékmegsemmisítés területén eljutott addig, hogy megtervezésre került egy ipari hulladékot megsemmisítő üzem, mely pirogázt termel és mellé műanyag hulladékból előállított szintetikus olajat adva gázturbinát üzemeltet, melynek hulladékhője gőzturbinát hajt meg és mindkét turbina elektromos energiát termel.
- A másik kutatócsoport üvegházban működő algafotobioreaktort tervezett, melynél automatikus rendszer adagolja a tápanyagot, valamint a szén-dioxidot és irányítja a szükséges állandó keringetést. A tervek szerint az üvegházba kerül az algaprésüzem is, valamint az energetikai rész.

Természetesen adódott, hogy a két eredményt egyesíteni kellene és a bizonytalan input anyagú szintetikus olaj helyett algaolajat kell felhasználni pirogáz mellett a turbina meghajtására.

Kutatócsoportunk kidolgozta a KLIMA- ÉS KÖRNYEZET-BARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVÉT és a szabadalmi dokumentációt benyújtotta a Magyar Szabadalmi Hivatalhoz.

**A benyújtott szabadalom sarokszámai**

Az összevont technológia az évi cca. 110.000 m3 ipari, valamint SZKH-ból úgy nyerhet energiát, hogy elgázosítja és az előállított pirolízis-gázzal, valamint 8.600 tonna alga-biodízel hozzáadásával gáz- és gőzturbinát üzemeltet és 135.750 MW/év elektromos energiát termel, ebből saját szükségletére 42.750 MW/év elektromos energiát használ fel – így értékesítésre kerülhet 93.000 MW/év elektromos energia.

**Az erőmű**

Az input anyag 3,56 t/h ipari hulladék és SZKH, valamint 1,2 t/h algapogácsa, melynek feldolgozása plazmakémiai alapon történik.

Az erőmű 31.200 t/év hulladékot semmisít meg napi 24 órás folyamatban (7500 munkaóra/év).

**Az input hulladék összetétele**

| | | |
|---|---|---|
| Algapogácsa | 20 t/nap | 17,56 MJ/kg |
| Gumi | 20 t/nap | 14,50 MJ/kg |
| Műanyag festék patronok | 20 t/nap | 25,31 MJ/kg |
| Göngyöleg + olajos rongy | 40 t/nap | 17,56 MJ/kg |

**Az erőmű egységei**

- az ipari- és az SZKH hulladék fogadására-tárolására alkalmas cca. 500 t kapacitású egység,
- 2 db plazmapirolízis reaktor,
- pirolízis-gáz tisztító és tároló egység,
- elektromos energiát és hőt termelő energiablokk.

**Az erőmű egységes energetikai része az alga-biodízel előállító üzem, amely a következő egységekből áll:**

- alga-fotobioreaktorból,
- alga centrifuga és présüzemből.

**A technológiai folyamat vázlata**

Az ipari hulladék (átlagos sűrűssége 0,35 t/m3) beérkezik az erőműbe és bekerül a tárolóba. Innen adagoló viszi a plazmatermikus reaktorba, amelyben az alábbi fizikai-kémiai átalakulási zónákon halad át:

- a szárítás zónája 200-400 oC (itt távozik el az ipari hulladék nedvessége),
- pirolízis zóna (itt válnak külön az illékony vegyületek (szénhidrogén, hidrogén, pirogenetikus gőz stb.),
- elgázosítás zónája 1700 oC (itt levegő és vízgőz adagolásával pirolízis-gáz keletkezik),
- olvasztás zónája 5700 oC (itt plazmasugarakkal megolvasztásra kerülnek a szervetlen vegyületek),
- a salak kivezetése.

A reaktorok belsejében depresszió és oxigénszegény környezet uralkodik. Egy reaktor működéséhez 4 x 600 KW/h + 1 x 200 KW/h elektromos energiára, valamint 500 m3/h levegőre és 40 m3/h lágyvízre van szükség.

A reaktorok óránként 4170 kg hulladékot semmisítenek meg, ebből 4396 kg pirogázt állítanak elő – vagyis 1000 kg hulladékból 1062 kg pirogáz keletkezik.

A pirolízis-gáz tisztításához száraz és nedves rendszert alkalmazunk – ezzel választjuk le az agresszív vegyületeket a gázról. A gáz kinyerésnél 1500 oC, melyet 2 lépcsőben hűtünk le 100 o C –ra a gázturbinába való adagolás előtt.

A szennyvíz megtisztítása szokványos berendezésben történik.

A keletkezett salakból kőgyapot készül, mely értékesítésre kerül.

A két 6 MW/h teljesítményű gázturbina megtisztított pirogáz és alga-biodízel adagolásával működik.

A pirogáz értéke 27,36 MJ/kg, az algabiodízelé pedig 35,5 MJ/liter

A gőzturbina teljesítménye 6,1 MW/h, mely, mint gáz-gőz kombinált ciklusú erőmű működik.

A turbina kipufogógáza 2,8%-ban tartalmaz szén-dioxidot, melyet egy szűrőberendezésen lehűtve légpumpa segítségével bejuttatunk az algareaktorba.

Az erőmű 3 turbinája 18,10 MW/h elektromos energiát termel, ebből saját szükségleteire (plazmareaktor és algareaktor működéséhez) 5,7 MW/h elektromos energiát használ fel – így 12,4 MW/h elektromos energia - vagy alternatívaként 9,1 MW/h elektromos energia és 21,4 t/h gőz (256 o C - 5 bar) értékesíthető.

A két alga-biodízel üzem óránként 1.245 liter olajat termel. A termelés energiaigénye 1 MW/h.

**Háromszoros biztonság**

Az erőmű része egy pirolízisgáz-tartály, mely 2 napra elegendő tartalék gázzal feltöltve áll az energiablokk rendelkezésre - továbbá van egy üzemanyagtartály is az

algaolaj tárolására, mely 8 napra elegendő üzemanyagot biztosít a gázturbina működéséhez.

Ha valamilyen oknál fogva átmenetileg nem érkezik ipari hulladék az erőműbe, vagy ha a plazmareaktorok működése szünetel a kötelező karbantartás miatt, abban az esetben az energiablokk az előállított algaolajat felhasználva továbbra is működik – ezáltal a fogyasztók ellátásának folyamatossága biztosított.

**Az alga fotobioreaktorral egybeépített, legkorszerűbb plazmatechnológiával működő, komplex rendszer teljesen egyedi, magyar innováció. Nemzetgazdasági hasznosságát hangsúlyozza a projekt energetikai és ebből fakadóan gazdasági hatékonysága és hosszú távú hatása az energiakutatás K+F folyamataira.**

## ELŐZETES ADATSZOLGÁLTATÁS AZ ENGEDÉLYEZTETÉSI ELJÁRÁS LEFOLYTATÁSÁHOZ

Az építési munkafázis időtartama: Építési munkafázis időtartama 2-3 év.

Üzemelés várható időtartama:

Berendezés élettartama, kivéve a gázturbinákat, nem kevesebb, mint 25 év. A nagyjavítások között eltelt idő - 30 000 óra, a teljes idő – 120 000 óra.

Hulladék biztosítás:

Rendelkezésre állnak előzetes szándéknyilatkozatok a létesítménybe szállítandó hulladékokról.

Az átmenetileg tárolásra kerülő hulladékok mennyisége:

Raktáron 15 napra elegendő hulladékot kell átmenetileg tárolni.

A létesítménybe belépő és kilépő anyag és energia áramok, a keletkezett anyagok és energiák becsült értéke:

**Belépő anyagok és energiák**

| Másodlagos energia anyagok | Kalória érték (kb.) (MJ/kg) | Anyag/ nap (t) | MJ/nap |
|---|---|---|---|
| Olajos rongy (algapogácsa) | 28,39 | 57,60 | 1635062,63 |
| Gumi | 23,45 | 20,00 | 468921,60 |
| Poliéter veszélyes iszap (másoló patron) | 40,91 | 11,20 | 458136,40 |
| Papír, műanyag, nejlon | 28,39 | 11,20 | 317928,84 |
| Összes kalória érték | | 100,00 | 2880049,48 |
| Kalória érték, GJ/h | | | 120,00 |
| Kalória érték, MJ/kg | | | 28,80 |

**Belépő és kilépő anyagok előzetes egyszerüsitett egyenlege**

| Belépő anyagok | kg/h | % |
|---|---|---|
| Hulladék | 4170 | 82,47 |
| Plazmaképző gáz | 886 | 17,53 |
| Összesen: | 5056 | 100,00 |

| Kilépő anyagok | kg/h | % |
|---|---|---|
| Pirolízis gáz | 4669 | 92,34 |
| Salak | 387 | 7,66 |
| Összesen: | 5056 | 100,00 |

| Hő- és energiatermelés alapvető adatai | GTES 2 x URAL-6000 |
|---|---|
| GTES beépített teljesítménye kW | 18 100,00 |
| Pirolízis gáz áramlása a kombinált ciklusú erőműhöz kg / h | 4 669,00 |
| Pirolízis gázkapacitás MJ/h | 127 643,92 |
| Biodízel kapacitás MJ/h | 41 577,72 |
| A biodízel kívánt mennyisége l/h | 1 075,77 |
| Saját energia-ellátás kW | 5 700,00 |
| A kombinált ciklusú erőmű kimeneti teljesítménye W | 9 100,00 |
| Kilépő gőz (256°C, 5 bar) a kombinált ciklusú erőműből t/h | 21,40 |
| Felhasznált hulladék (t/év) | 13 250,00 |
| Eladott granulátum (t/év) | 1 158,00 |
| Eladott hőszigetelő anyag (t/év) | 1 737,00 |
| Eladott villamos energia (KWh/év) | 68 250 000,00 |
| Eladott göz (t/év) | 160500,00 |

A 25 000 t/év termelékenységű ipari szilárd hulladékot fedolgozó gyár példáján lehet kielemezni a bemenő és kimenő anyag áramlását, amelyek építendő ipari szilárd hulladékot fedolgozó gyár esetén pontositásra kerülnek a bemenő anyagok morfológiai elemzésénél.

Példa:

Bemenő anyagok és nyersanyagok :

1. Szilárd kommunális hulladék következő összetevőkkel:
   - szerves anyagok (élelmiszer hulladék);
   - papír;
   - müanyag;
   - textilia;
   - fa;
   - fém;
   - üveg.
2. A plazmatron munkaközege - széndioxid (CO2) -212 kg/t nem több mint 20% oxigén (O2) hozzáadásával.
4. Ioncserélt víz (vagy etilén-glikol)- 25 m3/t.
5. Ipari víz-40 m3/t.
6. Kalcium-hidroxid Ca(OH)2 (száraz)-5,25kg/t.
7. Szóda Na2CO3 - 0,22 kg/t.
8. Hidrokinon-0,1 kg/t.
9. Vízgőz-200 kg/t.
10. Villamos energia a plazmatronok részére - 1143 kW/t.
11. Kiegészitő berendezések áramellátására - 400 kW/t.
12. Száraz sűrített levegő-125 kg/t.
13. Nitrogén (a berendezés gázvezeték periodikus átfuvására inditáskor és leállitásakor) - 143 m3/t.
14. Keringő víz (Hűtővíz) (Δt= 10 °C) - 32,4 m3/t.

Kimenő anyagáramlás :

(Az ipari hulladék morfológiai felépitése szerint kerül pontositásra)

Pirolizisgáz -1143 Nm3/h tonnánként a következő összetevőkkel (térfogat %-ban):

CO - 26,11
H2 - 28,97
CH4 - 5,49
H20 - 28,02
CO2 - 11,21
N2 - 0,21
Üveg alakú salak - 149,2 kg/t.
Kén - 2,9 kg/t.
Csatornába kerülő szenyviz - 0 l/t
Villamos energia – 1,43 MW/t.
Hőenergia – 7,7 MW/t.

**A technológiai folyamatokban résztvevő anyagok listája – segédüzemi igények meghatározása pl. alga technológia igényei:**

A biodizel olaj előállitására alga technológiát alkalmaznak, amelynél az összes algapogácsa újrahasznositásra kerül a plazmareaktorokban.

**A felhasznált szabadalmak listája, rövid bemutatása:**

Az U 10 00191 használati minta bejelentése 2010.08.25. dátummal „Villamos- és hőenergiát és hőszigetelőanyagokat termelő létesítmény".

A telepítendő speciális egységek Európai Uniós felhasználási engedélyei, Uniós minősítései.

Típus alkalmazási engedély: Energetikai berendezések hazai alkalmazásához a a 297/2005. (XII.23.) Korm. rendeletben, valamint a 127/2005.(XII.29.) GKM rendelet 3. § (2) bekezdésében biztosított hatásköralapján.

Az engedély tárgya: AVIADVIGATEL Rt. által gyártott 2,5; 4; 6; 12; 16; 25 MW-os teljesítményű gázturbinák és gázturbinás energetikai erőművek.

Előkészítettek az ipari hulladékot feldolgozó komplexum összes nem szabványos különleges berendezésének EC minősítésére vonatkozó, az ExVÁ Robbanásbiztos Berendezések Vizsgáló Állomása Kft-vel és a TÜV Rheinland InterCert Kft.-vel kötendő szerződések.

**A telepítendő egységek (pirolízis kemence, turbina) technológiai leírása, bemutatása:**

Az ipari hulladék feldolgozásánál a következő technológiai folyamatok mennek végbe:

- Szilárd ipari hulladék előkészitése a pirolizisre (válogatás, apritás, préselés);
- Szilárd ipari hulladék magas hőmérsékletű kezelése;
- Hővisszanyerés;
- A pirolízisgáz nedves tisztitása;
- CO2 adszorbciója és deszorbciója.
- A pirolízisgáz tisztitásákor keletkezett szenyviz kezelése;
- Villamos és hőenergia termelés;

Kiegészitő technológiák:

- Gáznemű oxigénnyerés;
- Gáznemű nitrogénnyerés;
- Száraz sűrített levegőnyerés;
- Vízelőkezelés;
- Keringő víz (hűtővíz) rendszere.

**A telepítendő egységek (pirolízis kemence, turbina) mérete, súlya, esetleg speciális alapozási igénye:**

Technológiai berendezés:

1. A szilárd ipari hulladékfogadó- és gyűjtőrendszer
Előzetes méretek: 60 x 25 x 8 m.

2. A magas hőmérsékletű plazma reaktor egy függőleges bélelt készülék külső hűtő burokkal. A hulladék átjárok rendszerén keresztül jut be, amely megakadályozza a levegő beszivását. A reaktor alsó részében helyezkednek el a plazmatronok és az olvadt szervetlen anyagok kivezetésére szolgáló eszközök. Plazma-képző gáz a 20%-ig terjedő oxingén mennyiséggel kevert széndioxid. A reaktorban a hulladék egy sor fizika-vegyi átalakulási zónán megy át:

- szárítási zóna;
- pirolízis zóna;
- olvadási zóna.

Reaktor méretei: D= 2000 mm, H=10200 mm.

3. Egyenes gázáramlású hőhasznositó kazánok - 2 db. (1 müködő, 1 tartalék).

Az egyenes gázáramlású hőhasznositó kazánok méreteiből következik a gázelvezető és a tápvízelőmelegítő jelenléte.

Pirolizisgáz hőmérséklete a bemeneten – 1300 °C;

Pirolizisgáz hőmérséklete a kimeneten – 300 °C;

Hő termelékenység T=150- 70 °C víztúlhevitetésnél – 246kW/h tonnánként;

Hatásfok – 0,92%

Kazán méretei: D= 1800 mm, H=4000 mm

4. Pirolízisgáz tisztítórendszer.

Pirolízisgáz tisztítórendszer méretei (hossz x szélesség x magasság):

Scrubber (gáz megtisztitása HC1-től, HF-től, portól és egyébtől -gáztisztitás 1-ső lépcsője): 1,5 x 1,5 x 7 m.

Abszorbciós oszlop (gáz megtisztitása H2S-től – gáztisztitás 2-ik lépcsője):

1,7 x 1,7 x 20 m.

Folyadék regenerátora: 1,8 x 1,8 x 20,5 m.

Vákuum-szűrő: 5,5 x 2 x 1,5 m.

Szenyvizkezelő szerkezet: 6 x 6 x 6 m.

5. A pirolízisgáz sűrítőrendszer és gáz gyűjtőtartály méretei (hossz x szélesség x magasság): 18 x 8 x 7 m.

A gáz gyűjtőtartály méreteit az adott nyomás és az ideiglenes tárolásra kerülő gáz mennyiségéhez szükséges térfogat határozza meg (Ajánlott a szériagyártású EC szabványú berendezés).

Gőz-gáz turbinás energiablokk.

A 18,1 MW beépített teljesítményű energiablokk magában foglalja az „AVIADVIGATEL" Rt. által gyártott két GTES «URAL-6000» típusú gázturbinás villamos erőművet, az „IST" Kanada gyátmányu két, egyenes

gázáramlású, hőhasznositó kazánt, egy, „Kaluzsszkij turbinnöj závod" Rt. gyártmányú gőzturbinát, a nyomásnövelő állomásokat és az előkészítő rendszert. A gázturbinás építmény nyílt terepen konténerben helyezkednek el, az egyenes átfolyású hőhasznositó kazánok könnyüszerkezetü épületben vannak. A kéményeket a hőhasznositó kazánokra helyezik fel.

Gőz-gáz turbinás energiablokk fő elemeinek méretei (hossz x szélesség x magasság):

GTES «URAL-6000» típusú gázturbinás villamos erőmű - 13 x 6 x 7,025 m

Egyenes gázáramlású hőhasznositó kazán kéménynyel - 8,5 x 2,5 x 19,5 m

Gőzturbina -15 x 12 x 10,5 m

Gőz-gáz turbinás energiablokk teljes hozzávetőleges mérete a tűzvédelmi utakkal együtt -70 x 20 x 19,5 m

Az 1-6 pontokban feltüntetett berendezés különleges alapot igényel.

**A telepítendő egységek (pirolízis kemence, turbina) zaj és rezgés védelme:**

A zaj forrásai a plazmatronok, a nyomásnövelő szivattyúk és a gázturbinás berendezések. A gázturbinás berendezések és a nyomásnövelő szivattyúk védőburokkal vannak ellátva. A hangnyomás 1 m-re 80 db.

A berendezéseket rezgés elleni védelemi okokból rezgéscsilapitó szerelvényekre építik. A csövekhez való csatlakozás rezgés kiegyenlitők közbeiktatásával történik.

**A telepítendő egységek (pirolízis kemence, turbina) telepítése esetében van-e szükség speciális eljárásra, technológiára:**

A pirolízis kemencét, a pirolízisgáz és a gázutak tisztító berendezéseit át kell fúvatni semleges gázzal (nitrogénnel).

**A turbina füstgázának összetétele, mennyisége:**

A kibocsátás összetételét a gázturbinás villamos erőmű füstgázának összetevői képezik és földgáz használata esetén a következőket, tartalmazza:

| Kipufogó gázok öszetevői | URAL-6000 |
|---|---|
| Kipufogógáz levegőtöbbletének tényezője, $\alpha_{cт}$, | 3,809 |
| $O_2$ | 14,96 |
| $CO_2$ | 2,60 |
| $N_2$ | 74,89 |
| Ar | 0,90 |
| $H_2O$ | 6,65 |

A GTE kipufogógáz termelékenysége 34.51 kg/sec.
H2S emisszió nem nagyobb, mint 0,02 g/m3;
NOx (mg/Nm3) kibocsátása (15% O2 и 50...100% Ne esetén) nem több mint -50mg/m3
CO-nem több mint- 46 mg/m3.

**A kemencék termékének - fém, és pirolizált salak - mennyiségi és minőségi jellemzői:**

A reaktorból csak salak fog távozni, amely jellemzői szerint hasonlít a gabbro-bazalt csoporthoz tartozó bányászati termékhez a következő vegyi összetevőkkel:

| Vegyi összetevők | Vegyi összetevő tartalom,% | |
|---|---|---|
| | Bányászati termék, gabbro-bazalt csoport | Hulladékból plazmával feldolgozott salak |
| $SiO_2$ | 39,0 - 51,0 | 35,0 - 56,0 |
| $Al_2O_3$ | 10,0 - 19,0 | 18,8 - 27,9 |
| $Fe_2O_3$ | 10,0 - 18,0 | 1,5 - 8,5 |
| CaO | 8,0 - 13,0 | 2,1 - 8,7 |
| MgO | 4,0 - 12,0 | 1,2 - 2,9 |
| $Na_2O$ | összesen 2,0 - 5,0 | 2,6 - 11,1 |
| $K_2O$ | | 0,6 - 2,1 |
| $SO_3$ | - | - |

Salak termelékenység – 386 kg/h.

**Külföldi tapasztalatok az eddig működő üzemekből – mint bemutatás a technológia biztonságos környezetkímélő alkalmazhatóságáról:**

www.thermoselect.com
http://www.hielscher.com/hu/biodiesel_transesterification_01.htm
http://www.recoveredenergy.com/overview.html#zero

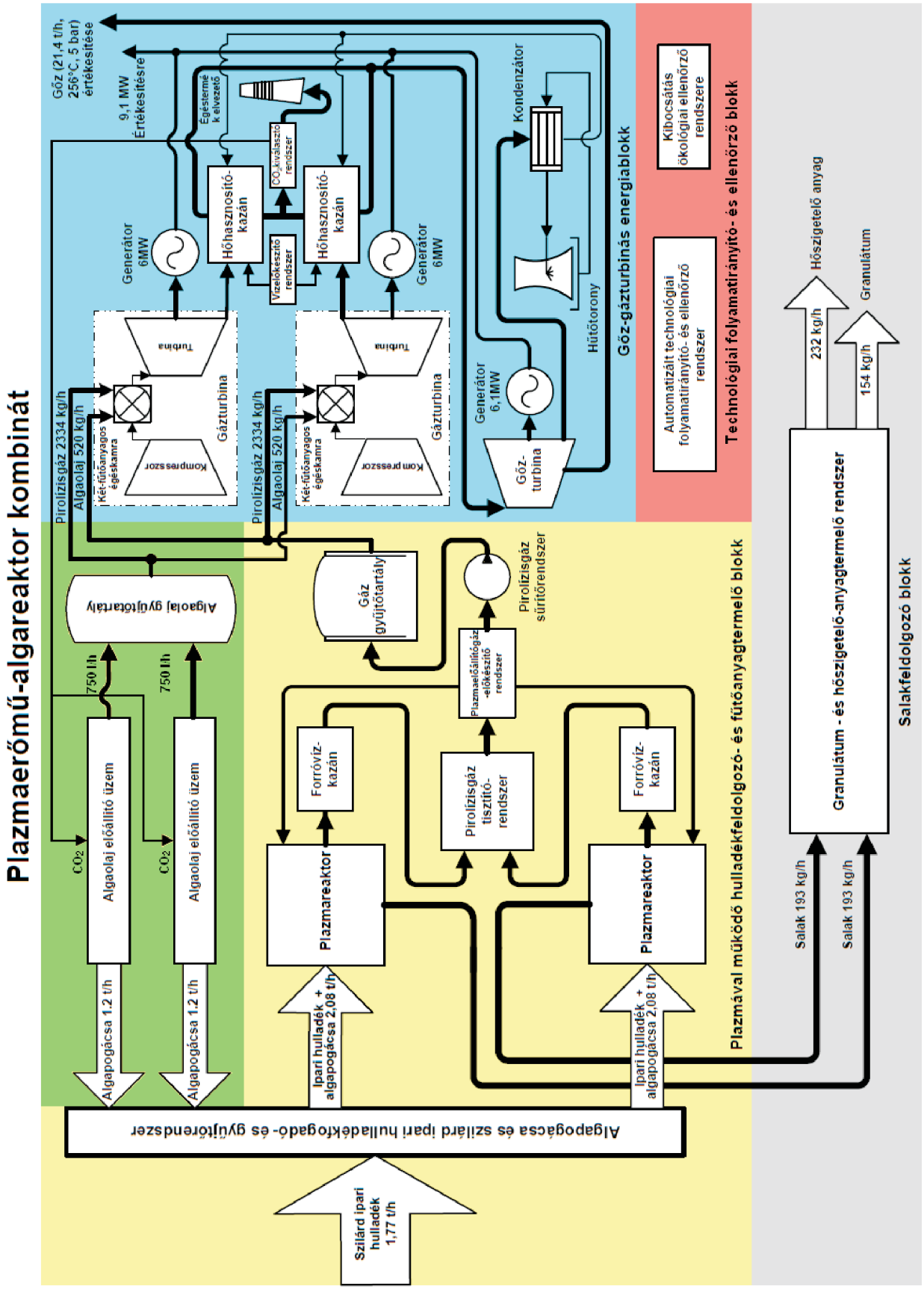
**A meglévő üzemeknél esetleges havária terv, viselkedési és technológia utasítás bemutatása- ha lehetséges:**

Vészhelyzeti üzemmódok az 1-6 rajzokon vannak feltüntetve.

# AZ ERŐMŰ BERUHÁZÁSI- ÉS MEGTÉRÜLÉSI MUTATÓI

| | Az MNB legfrissebb hivatalos devizaárfolyamai -2010.09.23 (HUF/EUR) | 280,51 |
|---|---|---|
| | Adatok | GTES 2 x URAL-6000 |
| 1 | Gázturbina teljesítmény ( MW) | 12,00 |
| 2 | Gőzturbina teljesítmény ( MW) | 6,10 |
| 3 | Az erőmű meghatározott villamos teljesítménye (MW) | 18,10 |
| 4 | Saját szügségletü villamos teljesitménny (MW) | 5,70 |
| 5 | Kimenő vill. teljesítmény (MW) | 12,40 |
| 6 | **Kiadott/termelt teljesítmény (%)** | **68,51** |
| 7 | Földgáz mennyisége (m3/h) | **4 940,00** |
| 8 | Földgáz mennyisége (kg/h) | 3 359,20 |
| 9 | SZKH Kalóriatartalom (MJ/kg) | 28,80 |
| 10 | Pirolizisgás fűtőértéke (MJ/kg) | 27,36 |
| 11 | Földgáz fűtőértéke (MJ/kg) | 50,38 |
| 12 | Pirolitgáz mennyisége (kg/h) | 4 668,00 |
| 13 | Földgázzal ekvivalens pirolitgáz mennyisége (kg/h) | 2 533,85 |
| 14 | Földgázzal ekvivalens algaolaj mennyisége (kg/h) | 825,35 |
| 15 | Hozzáadott fűtőanyag kapacitása (MJ/h) | 41 577,72 |
| 16 | **Algaolaj szükséges mennyisége (l/h)** | **1 075,77** |
| 17 | **Algaolaj fölhasználásának aránya (%)** | **24,57** |
| 18 | Alga-biodizel előállító üzem száma | 2,00 |
| 19 | A plazma reaktorok SZKH feldolgozási kapacitása (t/h) | **4,17** |
| 20 | Az Alga-biodzel előállitó üzem kapacitása (t/h) | **-2,40** |
| 21 | **Az SZKH feldolgozásának együttes teljesítménye (t/h)** | **1,77** |
| 22 | **Salak mennyiség szerinti teljesítmény (t/h)** | **0,386** |
| 23 | **Granulátum mennyiség szerinti teljesítmény (t/h)** | **0,154** |
| 24 | **Hőszigetelő anyag mennyiség szerinti teljesítmény (t/h)** | **0,232** |
| 25 | Létesitett teljesitmény 1 MW fajlagos ára (M EUR/MW) | 1,00 |
| 26 | **Elektromos energia generátor ára (CCGT) (M EUR)** | **18,10** |
| 27 | Létesitett teljesitmény PK fajlagos ára ( M EUR/t) | 3,00 |
| 28 | **Plazma komplexum ára (PK) (M EUR)** | **12,50** |
| 29 | Plazma komplexum(PK) + Elektromos energia generátor(CCGT) ára (M EUR) | 30,60 |
| 30 | **Hőszigetelő éklemez gyártó egység ára (M EUR)** | **1,00** |
| 31 | Villamos energia rendszer ( M EUR) | 1,00 |
| 32 | Pirolizisgás és biodizel olaj tárolók ára (M EUR) | 1,00 |
| 32 | Leszállitás ára (M EUR) | 1,00 |
| 33 | Szerelés, építészet (M EUR) | 2,00 |
| 34 | Tervezés, engedélyek (M EUR) | 1,50 |
| 35 | Előre nemlátott költségek ( M EUR ) | 0,80 |
| 36 | **Hozzávetőleges beruházási költség (M EUR)** | **38,90** |
| 37 | **Alga-biodizel előállitó üzem (ABÜ) ára (M EUR)** | **10,00** |
| 38 | **Évenkénti üzemórák száma, (óra/év)** | **7 500,00** |
| 39 | Villamos energia eladási ára( EUR/kW h) | 0,09 |
| 40 | Ipari hulladék bevételi ára ( EUR/l ) | 20,00 |
| 41 | Granulátum eladási ára ( EUR/t ) | 15,00 |
| 42 | Hőszigetelő anyag eladási ára ( EUR/t ) | 550,00 |
| 43 | Felhasznált hulladék (t/év) | 13 250,00 |
| 44 | Eladott granulátum (t/év) | 1 158,00 |
| 45 | Eladott hőszigetelő anyag (t/év) | 1 737,00 |
| 46 | Eladott villamos energia (KWh/év) | 93 000 000,00 |
| 47 | *Bevétel rész* | |
| 48 | Villamos energia értékesítés (EUR/év) | 8 620 013,55 |
| 49 | Hulladék árbevétel (EUR/év) | 265 000,00 |
| 50 | Granulátum értékesítés (40%-a salak használnak ) (EUR/év) | 17 370,00 |
| 51 | Hőszigetelő anyag értékesítés (60%-a salak használnak ) (EUR/év) | 955 350,00 |
| 52 | **Összes árbevétel (EUR/év)** | 9 857 733,55 |
| 53 | **Szerviz** | |
| 54 | Szerviz fajlagos költség CCGT (EUR/kW h) | 0,0030 |
| 55 | Szerviz fajlagos költség PK ( EUR/t ) | 9,15 |
| 56 | Szerviz fajlagos költség ABÜ ( EUR/t ) | 59,42 |
| 57 | Erőművi berendezések szervíz (EUR/év ) | 407 250,00 |
| 58 | Plazma berendezés szerviz ( EUR/év ) | 285 937,50 |
| 59 | Szervízköltség ABÜ ( EUR/év ) | 1 069 480,59 |
| 60 | 70 fő bérköltsége ( EUR/év ) | 840 000,00 |
| 61 | **Összes működési költség (EUR/év)** | **2 602 668,09** |
| 62 | Bruttó eredmény ( EBITDA) (EUR) | 7 255 065,46 |
| 63 | Megtérülés ideje ( év ) | 6,74 |

**Megjegyzés:**
**az adatok informatív jellegűek, és a konceptuális tervben lesznek pontosítva**


Plazmaerőmű-algareaktor kombinát
Gőz (21,4 t/h, 256°C, 5 bar) értékesítésre
9,1 MW Értékesítésre
Égéstermék elvezető
CO2-kivalasztó rendszer
Vízelkészítő rendszer
Hőhasznosító-kazán
Hőhasznosító-kazán
Generátor 6MW
Generátor 6MW
Kondenzátor
Hűtőtorony
Generátor 6,1MW
Gőz-turbina
Gőz-gázturbinás energiablokk
Kibocsátás ökológiai ellenőrző rendszere
Automatizált technológiai folyamatirányító- és ellenőrző rendszer
Technológiai folyamatirányító- és ellenőrző blokk
Pirolízisgáz 2334 kg/h
Algaolaj 520 kg/h
Két-fűtőanyagos égéskamra
Turbina
Kompresszor
Gázturbina
Pirolízisgáz 2334 kg/h
Algaolaj 520 kg/h
Két-fűtőanyagos égéskamra
Turbina
Kompresszor
Gázturbina
Algaolaj gyűjtőtartály
750 l/h
750 l/h
Gáz gyűjtőtartály
Pirolízisgáz sűrítőrendszer
Plazmaelőállítógáz -előkészítő rendszer
Forróvíz-kazán
Pirolízisgáz tisztító-rendszer
Forróvíz-kazán
CO2
CO2
Algaolaj előállító üzem
Algaolaj előállító üzem
Plazmareaktor
Plazmareaktor
Algapogácsa 1,2 t/h
Algapogácsa 1,2 t/h
Ipari hulladék + algapogácsa 2,08 t/h
Ipari hulladék + algapogácsa 2,08 t/h
Plazmával működő hulladékfeldolgozó- és fűtőanyagtermelő blokk
Algapogácsa és szilárd ipari hulladékfogadó- és gyűjtőrendszer
Szilárd ipari hulladék 1,77 t/h
Hőszigetelő anyag
232 kg/h
Granulátum
154 kg/h
Granulátum - és hőszigetelő-anyagtermelő rendszer
Salak 193 kg/h
Salak 193 kg/h
Salakfeldolgozó blokk

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ ÉS ELJÁRÁS AZ ERŐMŰ MŰKÖDTETÉSÉRE

A találmány tárgya klíma- és környezetbarát erőmű, amely tüzelőanyaggal üzemeltetett, és pirogázt termelő plazmareaktorból és égéstermék elvezető egységgel rendelkező, pirogázzal és / vagy olajjal működtetett, gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységből áll.

A találmány tárgya továbbá eljárás klíma- és környezetbarát erőmű működtetésére, amely plazmareaktorból és gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységből áll, az eljárás során plazmareaktorral pirogázt állítunk elő, a pirogázzal, továbbá adott esetben olajjal, gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységet működtetünk, amely égéstermék elvezető egységgel van ellátva, a plazmareaktort ipari és/vagy szilárd kommunális hulladékkal üzemeltetjük.

A gyakorlatban jelenleg több eljárással is állítanak elő hulladék megsemmisítéssel energiát.

Égetőkben hagyományos módon megsemmisítik (elégetik) a hulladékot és ebből energiát nyernek. Káros anyag kibocsátásuk miatt a környezetre nagy megterhelést jelentenek ezek az égetők.

Pirolízis és termikus oxidáció egy- vagy két kamrában való megvalósítása, amelynek során egy- vagy két kemencében 850 °C hőmérsékleten a hulladékot elgázosítják. Ebben az eljárásban a hulladék megsemmisítése (égetése) oxigén jelenléte nélkül megy végbe, a környezeti terhelés kisebb mint az előző esetben. A keletkezett gázt elégetik és az így előállított hővel gőzt generálnak. A pirogáz elégetésekor a környezetre káros széndioxid keletkezik.

A hulladék megsemmisítése elvégezhető plazmakémikus úton is – vagyis a hulladék plazmakemencébe kerül, ahol 1700 °C hőmérsékleten semmisül meg és a keletkezett pirogáz elégetésével gőzt generálnak – ilyenkor széndioxid keletkezik. Mivel ennél a technológiánál még magasabb hőmérsékleten történik a hulladék megsemmisítése, mint az előzőnél, a káros emissziók is kisebbek.

Ezek az erőművek a bemeneti anyag alacsony kalóriaértéke miatt csak hőenergiát állítanak elő. Amennyiben elektromos energia előállítása a cél abban az esetben több mint 50%-ban szükséges hozzáadni fosszilis energiaforrásokat és így az előállított energia már nem minősül ”zöld” energiának. Valamennyi technológiánál a gáz elégetésékor széndioxid keletkezik, mely tovább súlyosbítja a klímaváltozás következményeit.

A **225 373 számú szabadalom** tárgya eljárás és berendezés a globális felmelegedés megelőzésére a hulladék és/vagy tüzelőanyagok égetésekor keletkező veszélyes gázok kibocsátásának megakadályozásával, mellyel a hulladék és/vagy tüzelőanyag-égetők veszélyesgáz-kibocsátása megszüntethető.

A találmány szerinti eljárás során az üzemanyagot és/vagy az éghető hulladékot egy égetőből egy henger alakú, vékony falú első és második reaktorkamrával rendelkező teljes égésű reaktorba helyezik és abban égetik el oly módon, hogy az égető berendezésben az üzemanyag és/vagy hulladék legalább egy részét elpárologtatják vagy elgázosítják, majd az üzemanyagból és/vagy hulladékból származó gőzöket és/vagy gázokat felgyorsítják,és a gőzöket és/vagy gázokat bejuttatják a teljes égésű reaktor első és/vagy második kamrájába, ezután a teljes égésű reaktor első és/vagy második kamrájában gőzöket és/vagy gázokat atomizálják, majd a teljes égésű reaktorból a kiáramló füstgázokat egy füstgázsűrítőbe vezetik, és a füstgáz szilárd és sűríthető részecskéit összesűrítik, és végül a megtisztított gázüledéket teljesen újrahasznosítják, különösen annak CO2-tartalmát előnyösen műtrágyaként hasznosítják. A találmány szerinti berendezésnek gázgyűjtő részleggel ellátott zárt hulladék- és/vagy üzemanyag-égető részegysége van, amely egy első és második kamrával ellátott első teljes égésű reaktort és az égető berendezés gázgyűjtő kamráját a teljes égésű reaktor első és/vagy második reaktorkamrájával összekötő gázgyorsító eszközöket tartalmaz. A berendezés továbbá a teljes égésű reaktor üledékgáz-nyílásához csatlakozó füstgázkondenzorokat, a teljes égésű reaktor üledékgáz-nyílásához csatlakozó füstgáztisztítókat, továbbá a füstgáztisztító berendezések kimeneteli nyílásával összekapcsolt füstgáz-újrahasznosító berendezéseket tartalmaz.

A **P 02 00252 számú magyar szabadalmi irat** hibrid kombinált ciklusú erőművet ismertet, amely egyesíti az atomerőművi, valamint a gáz- és gőzturbinás kombinált ciklusú egységeket. A hibrid kombinált ciklusú erőmű, egy hő-körfolyamatban előnyösen egyesíti a nyomott- és forralóvizes villamos energia termelésre szolgáló atomerőművi, valamint a gáz- és gőzturbinás kombinált ciklusú egységeket, amelynek eredményeképp jelentős villamos teljesítmény- és hatásfok-növekedés érhető el, amelyben a hagyományos víz-gőz erőművi körfolyamatban a tápvíz elgőzölögtetéséhez szükséges hőmennyiséget az atomreaktor szolgáltatja. A hagyományos víz-gőz körfolyamatban a kondenz- és tápvíz felmelegítése, valamint az atomreaktor által fűtött gőzgenerátorban termelt gőz túlhevítése a hagyományos gázturbina forró füstgázhőjével történik a hőhasznosító kazánban. A gőzturbina fokozatban expandálódott gőzt vagy a hőhasznosító kazán újrahevítőjében felmelegítik a tüzelőberendezéssel és bevezetik a gőzturbina fokozatba, vagy közvetlenül a gőzturbina fokozatba vezetik. A víz-gőz erőművi körfolyamat a hagyományos módon a kisnyomású turbinafokozat, kondenzátor, kondenzvízszivattyú, kisnyomású előmelegítő, vízhevítő, táptartály, tápszivatytyú záródik. Az ily módon létrehozott egyesített erőművi körfolyamat a Hibrid Kombinált Ciklus.

A **P 08 00337 számú magyar találmány** tárgya eljárás bioetanol-gyártás során keletkezett melléktermékek hasznosítására és erőmű az eljárás megvalósítására. A találmány szerinti eljárás során az etanol előállítása kukorica-keményítőből történik, ahol a keményítőt először elcukrosítják, majd erjesztik és a keletkezett alkoholt desztillációval lecsapatják. A bioetanol előállítását zárt rendszerű-üzemmódban végzik, ahol a keletkezett melléktermékeket - magas szárazanyag-tartalmú DDGS30-t és folyékony melléktermékeket - kazánokban elégetik.

A keletkezett hőt villamos energiává alakítják és a villamos energiát a gyár üzemeltetésére, a bioetanol-gyártás fenntartására használják. Az égés során keletkezett hamut felhasználásig konténerben tárolják. A találmány szerinti erőmű jellemzője, hogy az önmagában ismert etanol, különösen bioetanol gyártása során keletkezett magas szárazanyag-tartalmú melléktermék – DDGS – nedvességtartalmát csökkentő szárítóüzeme, a szárított DDGS-t elégető kazán telepe, a kazánt vízzel ellátó tápháza, az elégetett DDGS hőenergiájából nyert gőzt villamos energiává alakító turbinaháza, tartalék kazánja, valamint az etanol, különösen bioetanol-gyártás során keletkezett folyékony melléktermeket tároló tárolótartálya van. Továbbá ezt a folyékony melléktermeket elégető folyadékégetője, az égés során keletkező füstgázokat tisztító elektrofiltere, a füstgázokat elvezető kéménye és a hamut tároló egysége, az egyes egységeket összekötő vezetékei és egyéb, önmagában ismert elemei, valamint az égési folyamatokat és energiatermelést felügyelő felügyeleti rendszere van.

A **WO 2009154437 számú nemzetközi szabadalmi bejelentés** eljárást és berendezést ismertet biodízel előállítására, algából. Az találmány biodízel előállításához létrehozott algatenyésztő rendszerre, lipidek (zsírok) kivonására és a lipidek észteresítésére vonatkozik. A rendszer három részből úgynevezett művelésből áll, kivonásból, felhalmozásból és előállításból. A lipid kivonása egy ultrahang reaktorban történik, amelyben az algák külső fala, azaz az olaj zsákja felreped, amely lehetővé teszi a lipidek kivonását. Az észteresítés szintén egy ultrahang reaktorban zajlik, amelyik roncsolja a folyadék molekuláit, amelyek keresztül áramlanak rajta, ezzel közvetlenül megnövelve a hatást és a hozamot.

Célunk az eddig ismert technológiáknál környezetkímélőbb megoldás kidolgozása volt, amely adott esetben hatásfok javulást is eredményezhet.

Kutatásaink során eljutottunk addig, hogy megterveztünk egy ipari hulladékot megsemmisítő üzemet, amely pirogázt termel és mellé műanyag hulladékból előállított szintetikus olajat adva gázturbinát üzemeltet, amelynek hulladékhője gőzturbinát hajt meg és mindkét turbina elektromos energiát termel. Továbbá üvegházban működő foto-bioreaktort terveztünk, amelynél automatikus rendszer adagolja a tápanyagot, valamint a szén-dioxidot és irányítja a szükséges állandó keringetést. Az üvegházba terveztünk egy alga-présüzemet is, valamint az energetikai rész. Természetesen adódott, hogy a két eredményt egyesítsük és a szintetikus olaj helyett, vagy mellett algaolajat használjunk fel a pirogáz mellett a turbina meghajtására. Ezzel a megoldással teljes mértékben ki tudjuk váltani a foxilis energiahordozók felhasználását valamint a káros emisszió jelentős mértékben csökkenthető, a környezet terhelése. jelentős mértékben redukálható.

A felismerésünk több ismert megoldás áttekintésén és vizsgálatán alapult. Ismertek a plazmaerőművek amelyek hulladékot semmisítenek meg és pirogázt állítanak elő. A keletkezett gázt elégetik és az így termelt hővel gőzt állítanak elő. Vannak olyan plazmaerőművek is amelyekben a pirogázból nem hőenergiát állítanak elő hanem földgáz vagy kőolaj hozzáadásával gázturbinát üzemeltetnek és elektromos energiát termelnek és egyúttal hasznosítják a gázturbina hulladék hőjét. Ismert az is, hogy biodízelt algából is állítanak elő. Ezek a technológiák olyanok, hogy tóban vagy csőrendszerben algát szaporítanak – keringetik, táplálékot és széndioxidot adagolnak az algatermesztés során az algákhoz – majd a leszűrt algamasszából különböző módon (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) kivonják az olajat és azt észterezve biodízelt állítanak elő.

Felismertük, hogy ezek a technológiák továbbfejleszthetők azzal, hogy a plazmareaktorból és a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységből álló erőműhöz alga-bioreaktort kapcsolunk. A gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység gázturbinájának meghajtására a pirogázon kívül algából előállított biodízelt alkalmazunk. Egyúttal az erőmű rendszerben keletkező úgynevezett kipufogógáz széndioxid tartalmát leválasztjuk és a kipufogógáz egyéb összetevőit kiszűrjük megfelelő szűrőelemekkel. A kipufogógáz széndioxid tartalmát az alga-bioreaktorhoz - az algák termesztéséhez – visszavezetjük, a szennyező anyagokkal telített szűrőelemeket a plazmareaktorban elégetjük. Méréseink és számításaink szerint ezzel a berendezéssel és eljárással jelentősen csökkenthető a környezet káros anyaggal való terhelése.

A találmányunk tehát klíma- és környezetbarát erőmű, amely tüzelőanyaggal üzemeltetett, és pirogázt termelő plazmareaktorból és égéstermék elvezető egységgel rendelkező, pirogázzal és vagy olajjal működtetett, gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységből áll. Az égéstermék elvezető egységében széndioxid leválasztó egység van elrendezve, amelyhez algák folyamatos szaporítására alkalmas alga-bioreaktor széndioxid fogadó egysége van, célszerűen csővezetékkel, csatlakoztatva. Az alga-bioreaktor fogadó egységének kimenete az alga-bioreaktor széndioxid bevezető pontjához van kapcsolva.

Célszerűen az alga-bioreaktor algaolaj előállító üzemként van kialakítva. Nevezetesen az alga-bioreaktorhoz algacentrifuga, algaolaj préselő egység és az algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj szétválasztó egység van kapcsolva. A szétválasztó egység algapogácsa gyűjtőtartályhoz és/vagy algaolaj gyűjtőtartályhoz van kapcsolva. Az alga-bioreaktorhoz, adott esetben számítógépes vezérléssel működtetett vízpumpa, takarító egység, filter, táplálék adagoló és a kipufogó gáz bevezetésének szabályozásához a széndioxid fogadó egység részét képező légpumpa van kapcsolva.

Előnyösen a tüzelőanyag ipari és/vagy szilárd kommunális hulladék és/vagy algapogácsa.

Célszerűen a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység a plazmareaktorban előállított piro-gázzal, és az alga-bioreaktorban szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal előállított algaolajjal meghajtott gázturbinával, valamint annak hulladékhőjével üzemeltetett gőzturbinával van működtetve. Adott esetben a gáz-, és/vagy gőzturbi-

nás energia-előállító egység növényi eredetű olajjal és/vagy biodízellel, és/vagy újrahasznosított fáradt olajjal, és/vagy újrahasznosított sütőolajjal, és/vagy szintetikus olajjal meghajtott gázturbinával, valamint annak hulladékhőjével üzemeltetett gőzturbinával van működtetve.

Előnyösen az égéstermék elvezető egységében kémiai és fizikai szűrőegységek is el vannak rendezve.

A találmány továbbá eljárás klíma- és környezetbarát erőmű működtetésére, amely plazmareaktorból és gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységből áll. Az eljárás során plazmareaktorral pirogázt állítunk elő, a pirogázzal, továbbá adott esetben olajjal, gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységet működtetünk, amely égéstermék elvezető egységgel van ellátva. A plazmareaktort ipari és/vagy szilárd kommunális hulladékkal üzemeltetjük. Az égéstermék elvezető egységbe a széndioxid leválasztására széndioxid leválasztó egységet illesztünk, amellyel a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységben keletkezett kipufogó gázból a széndioxidot leválasztjuk, majd a leválasztott széndioxidot mesterséges és / vagy természetes fénnyel működtetett alga-bioreaktorban termesztett algákhoz vezetjük.

Adott esetben az alga-bioreaktorból az algát a termésnek megfelelő időközönként szüreteljük. A leszüretelt algát a nedvesség tartalmának eltávolításához algacentrifugában kiszárítjuk. A kiszárított algát algapréssel algapogácsára és algaolajra szétválasztjuk. Az algaolajat adott esetben algaolaj gyűjtőtartályon keresztül a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység gázturbinájába vezetjük, az algapogácsát pedig a plazmareaktor égésterébe juttatjuk. Más esetben az algaolajból ipari olajat, előnyösen biodízelt állítunk elő, az algapogácsát pedig tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben használjuk fel.

Célszerűen a leszüretelt alga centrifugálásakor eltávolított vizet ismert módon megtisztítjuk és újrahasznosítjuk, adott esetben az alga-bioreaktorba visszavezetjük.

Előnyösen az égéstermék elvezető egységbe kémiai és fizikai szűrőegységeket helyezünk el, amelyeket telítődésük vagy elhasználódásuk esetén tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben, például plazmareaktorban használjuk fel.

Célszerűen a plazmareaktor égésterében keletkezett salakból hőszigetelő anyagot, előnyösen kőzetgyapotot állítunk elő.

Célszerűen a pirogáz hőjét a gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységbe való bevezetés előtt, hasznosítjuk, például a pirogáz hűtéséhez alkalmazott hőcserélőben.

Előnyösen a gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység által termelt hulladékhőt ismert módon, adott esetben az alga-bioreaktorban, hasznosítjuk.

Találmányunkat részletesen az ábrák alapján ismertetjük.

Az 1. ábra az algaolaj előállító üzem alkotóelemeinek, illetve azok egymáshoz és az erőmű egyes részegységeihez való kapcsolódásának sematikus ábrázolása.

A 2. ábra az erőmű egyes részegységeinek, illetve a részegységek egyes elemeinek egymáshoz és az erőmű egyes további részegységeihez való kapcsolódásának sematikus ábrázolása.

A 3. ábra a 2. ábra szerinti erőmű egy lehetséges kiviteli példájának sematikus ábrázolása, ahol az egyes alkotóelemeket megneveztük és a folyamatban felhasznált anyagok egy lehetséges mennyiségét feltüntettük.

A találmányunk szerinti klíma- és környezetbarát 1 erőmű (2. ábra), a 34 hulladék feldolgozó- és fűtőanyag-termelő blokkban elrendezett, tüzelőanyaggal üzemeltetett, és pirogázt termelő 2 plazmareaktorból és 3 égéstermék elvezető egységgel rendelkező, pirogázzal és vagy olajjal működtetett, gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egységből, továbbá a 24 algaolaj előállító egységből áll. A 3 égéstermék elvezető egységében széndioxid 5 leválasztó egység van elrendezve, amelyhez algák folyamatos szaporítására alkalmas, és a 24 algaolaj előállító egység részét képező 6 alga-bioreaktor széndioxid 7 fogadó egysége van, célszerűen csővezetékkel, csatlakoztatva. A széndioxid 7 fogadó egységben van a légpumpa elrendezve, amely a széndioxid megfelelő adagolását végzi a 6 alga-bioreaktor algaállomány számára. A 6 alga-bioreaktor fogadó egységének 8 kimenete a 6 alga-bioreaktor széndioxid 9 bevezető pontjához van kapcsolva. A 3 égéstermék elvezető egységében kémiai és fizikai 17 szűrőegységek is el vannak rendezve.

A 2 plazmareaktor előnyösen alkalmazható különféle anyagátalakítási folyamatok kivitelezésére. A nagy tömegben képződő kommunális és ipari hulladékok értékes alkotóinak kinyerésére és újrahasznosítására.

A 2 plazmareaktorban uralkodó magas hőmérsékleten a szerves anyagok teljesen lebomlanak, a szervetlen hulladékok részben lebomlanak, részben megolvadnak és elüvegesednek; mindez a hulladékok térfogatának jelentős csökkenésével és a le nem bontható alkotók bezáródásával jár. A 2 plazmareaktorban a gázok áramlási sebessége viszonylag széles határok között változtatható; kis szemcseméretű, porszerű anyagok is jól kezelhetők ezekben a berendezésekben. A 2 plazmareaktor gázforgalma kisebb, mint a hagyományos égetőkemencéké; és megfelelő kialakítású plazmareaktor esetén a hőmérséklettől függetlenül tetszés szerinti gázatmoszféra biztosítható, ezáltal a kémiai folyamatok jól kézben tarthatók, a rendszer megbízhatóan működtethető. A 2 plazmareaktor által kibocsátott erős ultraibolya sugárzás elősegít bizonyos bomlási folyamatokat, így például meggyorsítja a klórtartalmú szerves vegyületek bomlását. A térben jól körülhatárolt plazmaláng és a körülötte elhelyezkedő gázfázis között nagy hőmérsékletkülönbségek lépnek fel, és mind a gázáramok, mind a szilárd részecskéket tartalmazó anyagáramok jól szabályozhatók, ily módon megőrizhetők a magas hőmérsékleten, nem egyensúlyi viszonyok között kialakult állapot. Lecsökken az eredeti anyagok újra-egyesülésének (rekombinációjának), vagy újabb káros anyagok kialakulásának valószínűsége.

A 34 hulladék feldolgozó- és fűtőanyag-termelő blokk a 2 plazmareaktort és annak kiegészítő elemeit foglalja magában. A 2 plazmareaktor ipari hulladékból és/vagy algapogácsából álló tüzelőanyagát a 40 tüzelőanyag ada-

golóból juttatjuk a 2 plazmareaktorba. A 3 égéstermék elvezető egységében lévő kémiai és fizikai 17 szűrőegységek telítődésük, illetve elhasználódásuk után szintén a 2 plazmareaktorban semmisíthetők meg. A 2 plazmareaktorból a pirolízisgáz a hulladékhő hasznosító 26 hőcserélőn keresztül a 28 pirolízisgáz tisztító rendszerbe van vezetve, ahol a 29 pirolízisgáz tisztító egységen és a 30 plazma előállító gáz előkészítő egységen keresztül van a 33 pirolízisgáz sűrítő rendszerbe vezetve, amely a 32 pirolízisgáz sűrítő egységből, és az ahhoz kapcsolt 31 pirolízisgáz gyűjtőtartályból áll. A 2 plazmareaktor égéstermékét képező salak a 27 hőszigetelő-anyag termelő blokkba kerül, amelyből részben hőszigetelő anyagot, részben granulátumot készítünk.

A találmányunk egyik előnyös megvalósításánál (1. ábra) a 6 alga-bioreaktor 18 algaolaj előállító üzemként van kialakítva. Nevezetesen a 6 alga-bioreaktorhoz 10 algacentrifuga, 11 algaolaj préselő egység és a 11 algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj 12 szétválasztó egység van kapcsolva. A 12 szétválasztó egység a 13 algapogácsa gyűjtőtartályhoz van kapcsolva. A 6 alga-bioreaktorhoz számítógépes 19 vezérléssel működtetett megszokott kiegészítők, 20 vízpumpa, 21 takarító egység, 22 filter, 23 táplálék adagoló van kapcsolva. A széndioxid 7 fogadó egység a 3 égéstermék elvezető egység 5 széndioxid leválasztó egységéhez van csatlakoztatva és a 8 kimenete a 6 alga-bioreaktor bemenetéhez van vezetve. A 7 fogadó egység a kipufogó gáz bevezetésének szabályozásához légpumpával van ellátva. A 24 algaolaj előállító egység a 18 algaolaj előállító üzemből, és az ott előállított algaolaj tárolóegységéből, azaz a 14 algaolaj gyűjtőtartályból áll.

Előnyösen a 2 plazmareaktor tüzelőanyaga ipari és/vagy szilárd kommunális hulladék és/vagy algapogácsa.

A gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egység a 2 plazmareaktorban előállított pirogázzal, és a 6 alga-bioreaktorban szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal előállított algaolajjal meghajtott 15 gázturbinával, valamint annak hulladék hőjével üzemeltetett 16 gőzturbinával van működtetve. Adott esetben a gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egység növényi eredetű olajjal és/vagy biodízellel, és/vagy újrahasznosított fáradt olajjal, és/vagy újrahasznosított sütőolajjal, és/vagy szintetikus olajjal meghajtott 15 gázturbinával, valamint annak hulladék hőjével üzemeltetett 16 gőzturbinával van működtetve.

A 4 energia-előállító egység felépítése és alapvető működése ismert. A 15 gázturbina a 41 kompresszorból és a 42 turbinából áll, amelynek a két fűtőanyagos 43 égéskamrájába van az algaolaj és a pirogáz bevezetve. A 15 gázturbina egyrészt hőt termel, másrészt a 25 generátort működteti. A 15 gázturbina által termelt hő a 35 hőhasznosító egységbe van vezetve, amely a hőhasznosító 36 kazánból és a 37 vízelőkészítő egységből áll. A 16 gőzturbinához ismert módon van kapcsolva a 39 hűtőrendszer, amely hűtőtoronyból és kondenzátorból áll. A 4 energia-előállító egység megfelelő működését az automatizált technológiai folyamatirányító és ellenőrző rendszerből, valamint a szennyezőanyag kibocsájtását ellenőrző rendszerből álló 38 folyamatirányító és ellenőrző blokk felügyeli és vezérli.

A találmányunk szerinti 1 erőmű működését a találmányunk szerinti eljárás ismertetésén keresztül mutatjuk be. Az 1 erőmű a 2 plazmareaktorból és a gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egységből, valamint a 6 alga-bioreaktorból áll. Az eljárás során a 2 plazmareaktorral pirogázt állítunk elő, a pirogázzal, továbbá adott esetben olajjal, gáz- és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egységet működtetünk, amely a 3 égéstermék elvezető egységgel van ellátva. A 2 plazmareaktort ipari és/vagy szilárd kommunális hulladékkal üzemeltetjük. A 3 égéstermék elvezető egységbe a széndioxid leválasztására van az 5 széndioxid leválasztó egység illesztve, amellyel a gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egységben keletkezett kipufogó gázból a széndioxidot leválasztjuk. A leválasztott széndioxidot a 24 algaolaj előállító egységnek részét képező, mesterséges és / vagy természetes fénnyel működtetett 6 alga-bioreaktorban termesztett algákhoz vezetjük.

A 6 alga-bioreaktorból az algát a termésnek megfelelő időközönként szüreteljük. A leszüretelt algát a nedvesség tartalmának eltávolításához a 10 algacentrifugában kiszárítjuk. A kiszárított algát a 11 algapréssel algapogácsára és algaolajra szétválasztjuk. Az algaolajat adott esetben a 14 algaolaj gyűjtőtartályon keresztül a gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egység 15 gázturbinájának 43 égéskamrájába vezetjük, az algapogácsát pedig a 2 plazmareaktor égésterébe juttatjuk. Más esetben az algaolajból ipari olajat, előnyösen biodízelt állítunk elő, az algapogácsát pedig tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben használjuk fel, például a 40 tüzelőanyag adagolón keresztül a 2 plazmareaktor égésterébe juttatjuk.

A leszüretelt alga centrifugálásakor eltávolított vizet ismert módon megtisztítjuk és újrahasznosítjuk, adott esetben a 6 alga-bioreaktorba visszavezetjük. A 3 égéstermék elvezető egységbe kémiai és fizikai 17 szűrőegységeket helyezünk el, amelyeket telítődésük vagy elhasználódásuk esetén tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben, például a 2 plazmareaktorban használjuk fel. A 2 plazmareaktor égésterében keletkezett salakból a 27 hőszigetelő-anyag termelő blokkban hőszigetelő anyagot, előnyösen kőzetgyapotot állítunk elő.

A pirogáz hőjét a gáz- és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egységbe való bevezetés előtt, hasznosítjuk a pirogáz hűtéséhez alkalmazott 26 hőcserélőben, például a 18 algaolaj előállító üzem, illetve azon belül a 6 alga-bioreaktor temperálására.

Előnyösen a gáz- és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egység 15 gázturbinája által termelt hulladékhőt ismert módon, adott esetben a 16 gőzturbina működtetésénél, hasznosítjuk.

A találmányunk szerinti erőmű 34 hulladék feldolgozó- és fűtőanyag-termelő blokkjának és a gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia előállító egységének általános működése a következő: a plazmatechnológiás 34 hulladék feldolgozó- és fűtőanyag-termelő blokkba az ipari

és a szilárd kommunális hulladék (SzKH) beérkezik a 40 tüzelőanyag adagolóba és betöltjük a gyűjtő bunkerokba. A hulladékot automatkiuksan adagoljuk a magas hőmérsékletű 2 plazmareaktorba (MHPK). Úgy szintén a plazmatrónokon keresztül a 2 plazmareaktorba bevezetjük a plazmaképző gázáramot (széndioxid és oxigén keverékét) a 30 plazma előállító gáz előkészítő egységből. A 2 plazmareaktorban a hulladékok elgázosodnak és átalakulnak egyrészt folyékony salakká, amelyet a 2 plazmareaktor alsó részének nyílásán keresztül lecsapolunk, és másrészt pirolízis gázzá, amelyet a 2 plazmareaktorból fúvókán keresztül elvezetünk. Az 1200-1400 °C-on keletkezett pirolízis gázt bevezetjük a vízmelegítő hulladékhő hasznosító 26 hőcserélőbe, ahol a gáz 300 - 350 °C-ra lehűl és ezt követően tovább áramlik a 29 pirolízisgáz tisztító egységbe a nedves gáztisztítóba. A gáztisztító rendszer szkrubberből és ráépített abszorberből áll. A szkrubber a pirolízis gáz hűtésére, savas gázok és lebegő részecskék elnyeletésére, az abszorber pedig a kénvegyületektől történő kiegészítő tisztítására szolgál. A nedves tisztítás után a pirolízisgáz a széndioxid leválasztó berendezésbe áramlik és a széndioxid leválasztása után a 32 pirolízisgáz sűrítő egységen keresztül a 31 pirolízisgáz gyűjtőtartályba kerül. A pirolízis gázból kinyert széndioxid gázt tisztítás után oxigénnel keverjük össze és beadagoljuk a 2 plazmareaktorba, ahol ez a keverék plazmaképző gázként kerül hasznosításra. A 31 pirolízisgáz gyűjtőtartályból a pirolízisgázt a 4 energiaelőállító egység 15 gázturbinájához vezetjük.

A 4 energia-előállító egységben lévő 15 gázturbina kipufogó gázainak hőenergiáját a hulladékhő hasznosító 36 kazánban hasznosítjuk, ahol nagynyomású gőzt állítunk elő a 16 gőzturbina számára, amely meghajtja a 25 generátort.

A pirolízisgáz hűtését végző 26 hőcserélőben előállított forró vizet bevezethetjük például azokba a hulladékhő hasznosító 36 kazánokba, amelyekben hasznosítják a kipufogó gázok hőenergiáját, és így többlet hőenergiát állítanak elő a 16 gőzturbina üzemeltetéséhez (ezt nem ábrázoltuk), vagy egyéb területen hasznosíthatjuk, például a 18 algaolaj előállító üzem temperálására.

A 37 vízelőkészítő egység, amely a 4 energia-előállító egység része, biztosítja a megfelelő vízminőségét a hulladékhő hasznosító gőzfejlesztő 36 kazánokban való nagynyomású gőz előállításához. A 4 energia-előállító egység gőz-gáz ciklusban működik és villamos áramot és hőt állít elő a belső és külső villamos és hőenergia felhasználók számára. A hulladékhő hasznosító 36 kazánból kilépő fáradt gázok a 3 égéstermék elvezető egység széndioxid 5 leválasztó egységbe, és a széndioxid leválasztása után a gázkivezető kéményen és a 17 szűrőegységen keresztül a légkörbe kerülnek, a környezetre ártalmatlan gázkibocsátás formájában. Ezt a környezetet nem karosító gázkibocsátást a 38 folyamatirányító blokkban lévő ökológiai ellenőrző rendszer ellenőrzi. A 15 gázturbinák indításához és működésének szabályozásához biogázolajat is használunk, amelyet a 24 algaolaj előállító egységben lévő 6 alga-bioreaktorban termelt algákból állítunk elő. A hulladékhő hasznosító 36 kazán(ok) ból kikerülő fáradt gázokból leválasztott széndioxidot a biogázolaj előállítását végző 18 algaolaj előállító üzem 6 alga-bioreaktorának üzemeltetéséhez használjuk fel.

A következőkben a 24 algaolaj előállító egységből, illetve a 34 hulladék feldolgozó- és fűtőanyag-termelő blokkból és a gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia előállító egységből álló 1 erőmű egy lehetséges megvalósítását, illetve az ennek alapján nyerhető termelési adatokat mutatjuk be példaként.

A 6 foto-bioreaktor télen fűthető – nyáron hűthető (24 °C-os) 3.200 m2 hasznos alapterületű üvegházban, 30 cm átmérőjű 4800 fm áttetsző polikarbonát csövekből van kialakítva. A csövekbe 339.000 liter algaszuszpenzió termeszthető (1 fm = 70,65 l). Az alga szüretelését követő centrifugálás után 17%, azaz 57.500 liter szárazanyag tartalom keletkezik, mely olajpréselés céljára felhasználható. A szárazanyagnak 36%-os az olajtartalma, így 20.700 liter biodízel nyerhető. A préselés után napi 37.000 kg algapogácsa keletkezik amelynek olajtartalma cca. 5%.

A 6 foto-bioreaktorban termesztett alga például a Chlorella minutissima alga, amelynek olajtartalma 39,9%. Jellemzője az algának, hogy 20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene. A szaporítását 5,7 pH értékű vízben kell végezni. A szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük. A mesterséges megvilágítás mértéke legalább 130 lux/m2. A megfelelő szaporodásához a vízben 2% oldott széndioxidnak kell lennie. Az algák táplálásához szükséges tápanyag összetétele például: KH2PO4 1,31; MgSO47H20, 0,5; urea, 0,44. Ca 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01; Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA, ahol a mennyiségek g/l egységben vannak megadva. Az így keletkező oldat pH-ja, 6,0.

A 18 algaolaj előállító üzemet, amelyben a 6 algabioreaktor, és az algaolaj-présüzem van elhelyezve, továbbá az energetikai központot valamint a kiszolgálóhelyiségeket és laboratóriumot is egy komplexumba terveztük. A komplexum például egy 5.600 m2-es üvegház, 6 m csúcsmagasságú, dupla üvegezésű, energiaernyővel, hogy a termelés teljes folyamata egy helyen, szállítások nélkül valósulhasson meg.

Az alga nevelést üvegházban, létrás elrendezésű zárt típusú polikarbonát csőrendszerben képeztük ki. A présüzem (10 algacentrifuga, 11 algaolaj préselő egység, 12 szétválasztó egység stb.) elektromos energia szükséglete 283 kW/h (300 nap üzemel) ez 2038 MW/év. A 2 plazmareaktorban napi 5.000 kg saját algapogácsával biztosítható az, hogy a 26 hőcserélő télen 24 Celsius fokra fűtse fel a 6 alga-fotobioreaktort és a présüzemet. A 36 kazánból a keletkezett CO2-t a 6 alga-bioreaktorba vezetjük, mint az algák szükséges táplálékát. A 26 hőcserélő 600 kW/h teljesítményű – nyáron a 6 alga-fotobioreaktort és a présüzemet klimatizálja 24 Celsius fokra. A hőszivattyú energiaszükséglete 130 kW/h. Évi fogyasztása 234 MW (napi 6 óra üzemelés, 300 nap/év). A 6 algafotobioreaktort üzemeltető 20 vízpumpák energiaszüksége 60 kW/h. A 20 vízpumpák 300 napon át működnek – évi összfogyasztásuk 432 MW. Az asszimilációs lámpák

(400 db x 600 W = 240 kW/h, 128 qmol/m2/sec = 9.771 LUX) a naphiányos és éjszakai időszakban megvilágítják a 6 alga-fotobioreaktort, hogy a szaporodás folyamatosságát biztosítsák. Éves fogyasztásuk 864 MW (napi 12 óra működési átlag 300 napon keresztül). Adott esetben az üzemhez kapcsolható egy 320 kW/h teljesítményű dízelgenerátor (nem ábrázoltuk). Fogyasztása 12 liter/h saját algaolaj (napi 300 liter). A dízelgenerátor teljesítménye 2304 MW/év és biztosítja az üzem elektromos energiaszükségletének mintegy 70%-át. A dízelgenerátor kipufogógázában keletkezett széndioxidot a 6 alga-bioreaktorba vezetjük az algák táplálásához. A 6 alga-bioreaktor és az olajprésüzem évi teljes elektromos energia szükséglete 3568 MW. Saját elektromos energia előállítás évi 2304 MW. További elektromos energiaigény évi 1264 MW/év. amely mennyiséget az erőmű által előálltott mennyiségből fedezünk.

A találmányunk szerinti összevont technológia az évi cca. 110.000 m3 ipari valamint szilárd kommunális hulladékból (SZKH-ból) úgy nyerhet energiát, hogy elgázosítja azt, és az előállított pirolízis-gázzal, valamint 8.600 tonna alga-biodízel hozzáadásával gáz- és gőzturbinát üzemeltet és 135.750 MW/év elektromos energiát termel. Ebből saját szükségletére 42.750 MW/év elektromos energiát használ fel – így értékesíthető 93.000 MW/év elektromos energia.

Ha az input anyag 3,56 t/h ipari hulladék és SZHH valamint 1,2 t/h algapogácsa, amelynek feldolgozása plazmakémiai alapon történik, akkor az erőmű 34.272 t/év hulladékot és algapogácsát semmisít meg napi 24 órás folyamatban (7200 munkaóra/év, 300 napi működéssel számolva évente).

**A bemeneti hulladék összetétele és energia tartalma például:**

| | | |
|---|---|---|
| Algapogácsa | 20 t/nap | 17,56 MJ/kg |
| Gumi | 20 t/nap | 14,50 MJ/kg |
| Műanyag festék patronok | 20 t/nap | 25,31 MJ/kg |
| Göngyöleg + olajos rongy | 40 t/nap | 17,56 MJ/kg |

Az 1 erőmű része az ipari-és az SZKH hulladék fogadására-tárolására alkalmas cca. 500 t kapacitású 40 tüzelőanyag adagoló, két 2 plazmareaktor, továbbá a pirolízis-gáz hasznosító, tisztító és tároló egység, (a 2. ábrán 26, 28 és 33 számú tételek), továbbá az elektromos energiát és hőt termelő energiablokk (a 2. ábrán 4 és 38 számú tételek). Az 1 erőmű egységes energetikai része a 24 algaolaj előállító egység, amelynek része a 6 alga-bioreaktor, a 10 algacentrifuga és a 11 algaolaj préselő egység. Az ipari hulladék (átlagos sűrűssége 0,35 t/m3) beérkezik az 1 erőműbe és bekerül a 40 tüzelőanyag adagolóba (és egyúttal tárolóba). Innen adagoló viszi a 2 plazmareaktorba, amelyben az alábbi fizikai-kémiai átalakulási zónákon halad át: szárítási zóna 200-400 oC (itt távozik el az ipari hulladék nedvessége); pirolízis zóna (itt válnak külön az illékony vegyületek (szénhidrogén, hidrogén, pirogenetikus gőz stb.); elgázosítási zóna 1700 oC (itt levegő és vízgőz adagolásával pirolízis-gáz keletkezik); olvasztási zóna 5700 oC (itt plazmasugarakkal megolvasztásra kerülnek a szervetlen vegyületek); salak kivezetési zóna.

A plazmareaktorok belsejében depresszió és oxigénszegény környezet uralkodik. Egy plazmareaktor működéséhez 4 x 600 kW/h + 1 x 200 kW/h elektromos energiára valamint 500 m3/h levegőre és 40 m3/h lágy vízre van szükség.

A 2 plazmareaktorok óránként 4170 kg hulladékot semmisítenek meg, ebből 4396 kg pirogázt állítanak elő – vagyis 1000 kg hulladékból 1062 kg pirogáz keletkezik.

A pirogáz tisztításához száraz és nedves rendszert alkalmazunk – ezzel választjuk le az agresszív vegyületeket a gázról. Az 1500 oC-os pirogázt két lépcsőben hűtjük le 100 o C-ra a 15 gázturbinába való adagolás előtt. A szennyvíz megtisztítása szokványos berendezésekben történik. A 2 plazmareaktorban keletkezett salakból hőszigetelő anyag, pl. kőzetgyapot készül, amely értékesíthető. A két 6 MW/h teljesítményű 15 gázturbina megtisztított pirogáz és alga-biodízel adagolásával működik. A pirogáz hőértéke 27,36 MJ/kg, az algaolajé pedig 35,5 MJ/liter. A 16 gőzturbina teljesítménye 6,1 MW/h.

A turbina kipufogógáza 2,8%-ban tartalmaz szén-dioxidot, amelyet egy szűrőberendezésen lehűtve, a 41 légpumpa segítségével bejuttatunk a 6 algareaktorba. A 4 energia előállító egység három turbinája 18,10 MW/h elektromos energiát termel, ebből saját szükségleteire (plazmareaktor és alga-bioreaktor működéséhez) 5,7 MW/h elektromos energiát használ fel – így 12,4 MW/h villamos energia vagy alternatívaként 9,1 MW/h villamos energia és 21,4 t/h gőz ( 256 o C - 5 bar ) értékesíthető. A két algaolaj előállító üzem óránként 1.245 liter olajat termel. A termelés energiaigénye 1 MW/h melyet az erőmű által termelt elektromos energiából fedezünk.

Az 1 erőmű biztonságos működése érdekében a 31 pirolízisgáz gyűjtőtartály két napra elegendő tartalék gázzal feltöltve áll a gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energiaelőállító egység rendelkezésre, továbbá az algaolaj gyűjtőtartály nyolc napra elegendő üzemanyag tárolására alkalmasan van kialakítva, ezzel biztosítva a 15 gázturbina folyamatos működését.

Ha valamilyen oknál fogva átmenetileg nem érkezik ipari hulladék az 1 erőműbe vagy ha a 2 plazmareaktorok működése szünetel, például a kötelező karbantartás miatt, abban az esetben a 4 energia előállító egység az előállított algaolajat felhasználva továbbra is működhet, azaz biztosítani tudja a fogyasztók ellátásának folyamatosságát.

A találmányunk előnye, hogy az erőművek részeként üzemeltetett alga-bioreaktor közvetlenül az erőműnél állítja elő környezetkímélő módon azt az alternatív üzemanyagot, a biodízelt, amely alapvetően nem az emberi táplálkozásban általánosan felhasznált növényekből készül. A biodízel előállítása során visszamaradt algapogácsát a plazmakemencében hasznosítjuk. Az erőműben keletkező széndioxidot az alga-bioreaktor megköti, illetve a benne lévő algák felhasználják és átalakítják. A plazmaerőműben keletkező hulladék salakból szigetelő anyag (kőzetgyapot) gyártható. A pirogáz hűtésére sze-

relt hőcserélővel is termelhető energia. A turbina hulladék hőjével az alga-bioreaktor üvegháza fűthető. A kipufogógáz szűréséhez használt elhasználódott szűrők a plazmareaktorban megsemmisíthetők. A gázturbinák hulladék hőjével üzemeltethető a gőzturbina. Az algatermeléshez használt víz is megtisztítható és újrahasznosítható. Az algatermelés mesterséges fénnyel is megoldható. Az algák számos alfaja közül több is megfelelő az üzemanyaggyártásra valamint az algákkal folytatott génmódosítások eredményeként az olajtartalom tovább növelhető és bármelyik választása jobb eredményt nyújt, mint az eddig használt kukorica vagy a cukornád. Ennek magyarázata, hogy az algák döntő többsége naponta képes megduplázni önmagát. Legalább ekkora előnye a technológiának, hogy egyetlen négyzetméter termőföldet sem kell kivonni a termelésből, s akár az eddig terméketlen területek is fölhasználhatók algatenyésztésre.

## SZABADALMI IGÉNYPONTOK

1. Klíma- és környezetbarát erőmű, amely tüzelőanyaggal üzemeltetett, és pirogázt termelő plazmareaktorból és égéstermék elvezető egységgel rendelkező, pirogázzal és vagy olajjal működtetett, gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységből áll, azzal jellemezve, hogy az égéstermék elvezető egységében széndioxid leválasztó egység van elrendezve, amelyhez algák folyamatos szaporítására alkalmas alga-bioreaktor széndioxid fogadó egysége van, célszerűen csővezetékkel, csatlakoztatva, továbbá az alga-bioreaktor fogadó egységének kimenete az alga-bioreaktor széndioxid bevezető pontjához van kapcsolva.
2. Az 1. igénypont szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktor algaolaj előállító üzemként van kialakítva, azaz az alga-bioreaktorhoz algacentrifuga, algaolaj préselő egység és az algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj szétválasztó egység van kapcsolva, a szétválasztó egység algapogácsa gyűjtőtartályhoz és/vagy algaolaj gyűjtőtartályhoz van kapcsolva, továbbá az alga-bioreaktorhoz, adott esetben számítógépes vezérléssel működtetett vízpumpa, takarító egység, filter, táplálék adagoló és a kipufogó gáz bevezetésének szabályozásához a széndioxid fogadó egység részét képező légpumpa van kapcsolva.
3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy a tüzelőanyag ipari és/vagy szilárd kommunális hulladék és/vagy algapogácsa.
4. Az 1 - 3. igénypontok bármelyike szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység a plazmareaktorban előállított piro-gázzal, és az alga-bioreaktorban szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal előállított algaolajjal meghajtott gázturbinával, valamint annak hulladékhőjével üzemeltetett gőzturbinával van működtetve.
5. Az 1 - 4. igénypontok bármelyike szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység növényi eredetű olajjal és/vagy biodízellel, és/vagy újrahasznosított fáradt olajjal, és/vagy újrahasznosított sütőolajjal, és/vagy szintetikus olajjal meghajtott gázturbinával, valamint annak hulladékhőjével üzemeltetett gőzturbinával van működtetve.
6. Az 1 - 5. igénypontok bármelyike szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy az égéstermék elvezető egységében kémiai és fizikai szűrőegységek is el vannak rendezve.
7. Eljárás klíma- és környezetbarát erőmű működtetésére, amely plazmareaktorból és gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységből áll, az eljárás során plazmareaktorral pirogázt állítunk elő, a pirogázzal, továbbá adott esetben olajjal működtetjük a gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységet, amely égéstermék elvezető egységgel van ellátva, a plazmareaktort ipari és/vagy szilárd kommunális hulladékkal üzemeltetjük, azzal jellemezve, hogy az égéstermék elvezető egységbe a széndioxid leválasztására széndioxid leválasztó egységet illesztünk, amellyel a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységben keletkezett kipufogó gázból a széndioxidot leválasztjuk, majd a leválasztott széndioxidot mesterséges vagy természetes fénnyel működtetett alga-bioreaktorban termesztett algákhoz vezetjük.
8. A 7. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktorból az algát a termésnek megfelelő időközönként szüreteljük, a leszüretelt algát a nedvesség tartalmának eltávolításához algacentrifugában kiszárítjuk, a kiszárított algát algapréssel algapogácsára és algaolajra szétválasztjuk, az algaolajat adott esetben algaolaj gyűjtőtartályon keresztül a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység gázturbinájába vezetjük, az algapogácsát pedig a plazmareaktor égésterébe juttatjuk.
9. A 7. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktorból az algát a termésnek megfelelő időközönként szüreteljük, a leszüretelt algát a nedvesség tartalmának eltávolításához algacentrifugában kiszárítjuk, a kiszárított algát algapréssel algapogácsára és algaolajra szétválasztjuk, az algaolajból ipari olajat, előnyösen biodízelt állítunk elő, az algapogácsát pedig tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben használjuk fel.
10. A 8. vagy 9. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a leszüretelt alga centrifugálásakor eltávolított vizet ismert módon megtisztítjuk és újrahasznosítjuk, adott esetben az alga-bioreaktorba visszavezetjük.
11. A 7 - 10. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az égéstermék elvezető egységbe kémiai és fizikai szűrőegységeket helyezünk el, amelyeket telítődésük vagy elhasználódásuk esetén tüzelőanyagként energia-előállító

berendezésekben, például plazmareaktorban használjuk fel.

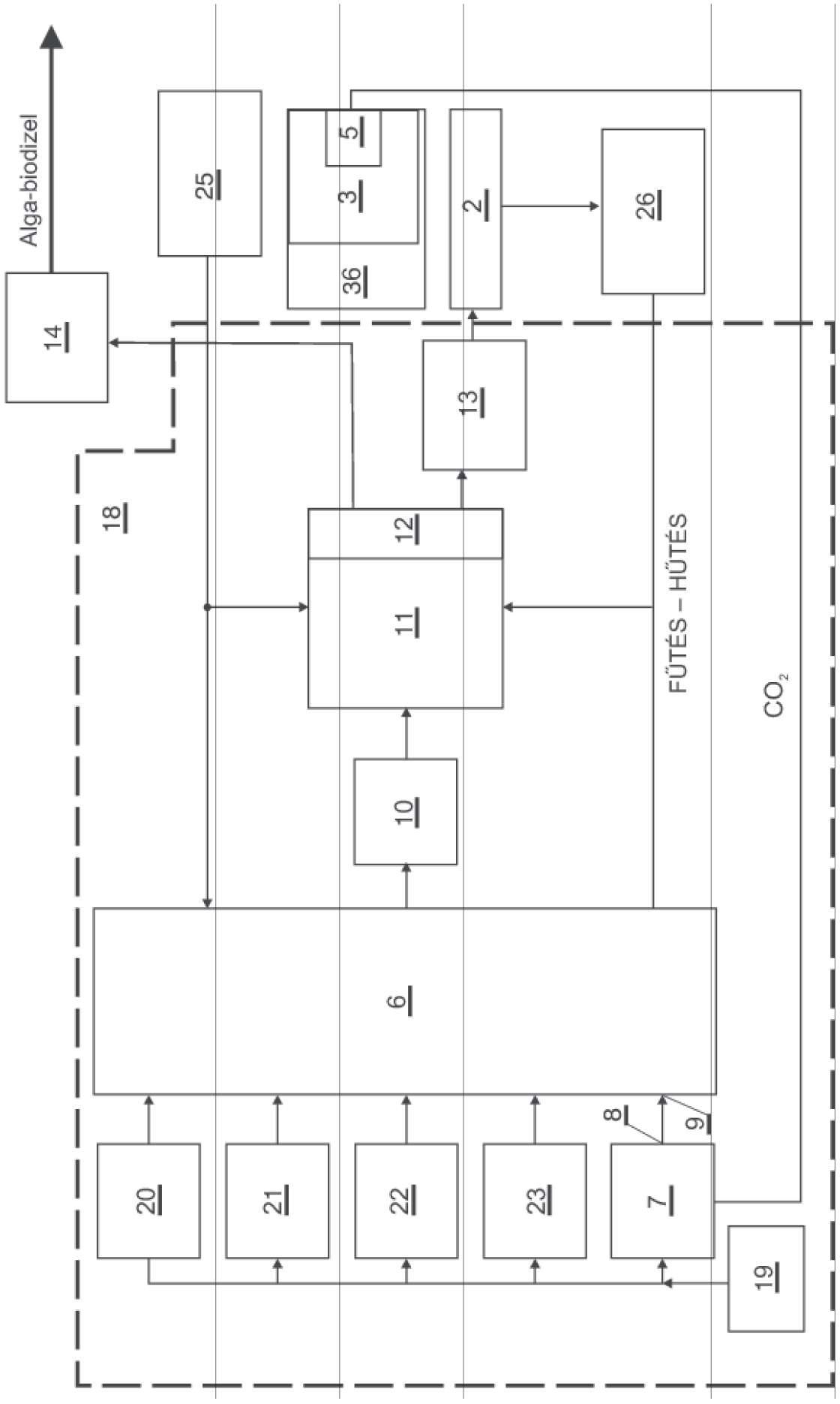
12. A 7 - 11. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a plazmareaktor égésterében keletkezett salakból hőszigetelő anyagot, előnyösen kőzetgyapotot állítunk elő.

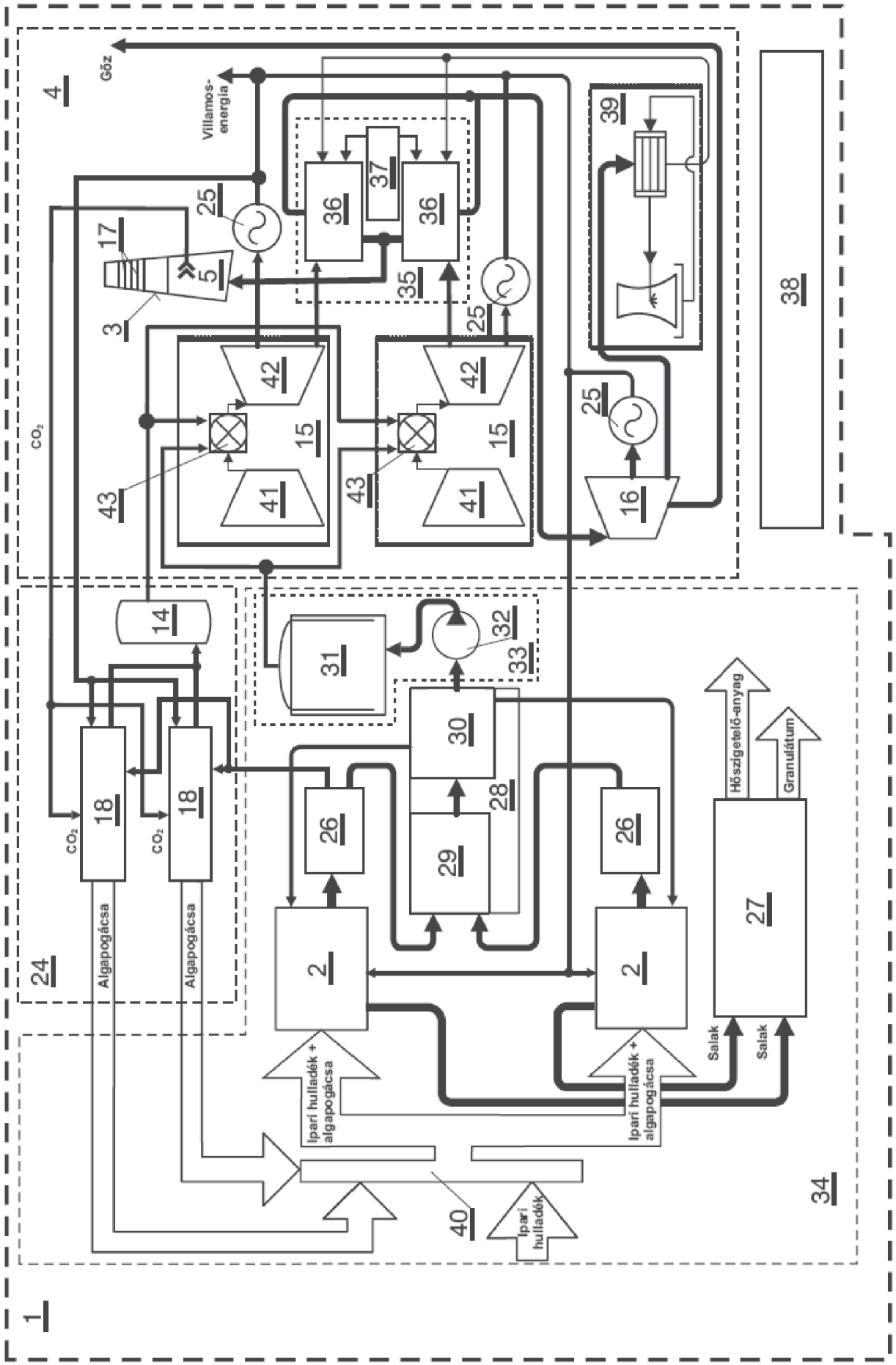
13. A 7 -12. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a pirogáz hulladékhőjét a gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egységbe való bevezetés előtt hasznosítjuk, a pirogáz hűtéséhez alkalmazott hőcserélőből az algaolaj előállító egységhez vezetve, célszerűen annak, illetve azon belül az alga-bioreaktor temperálására.

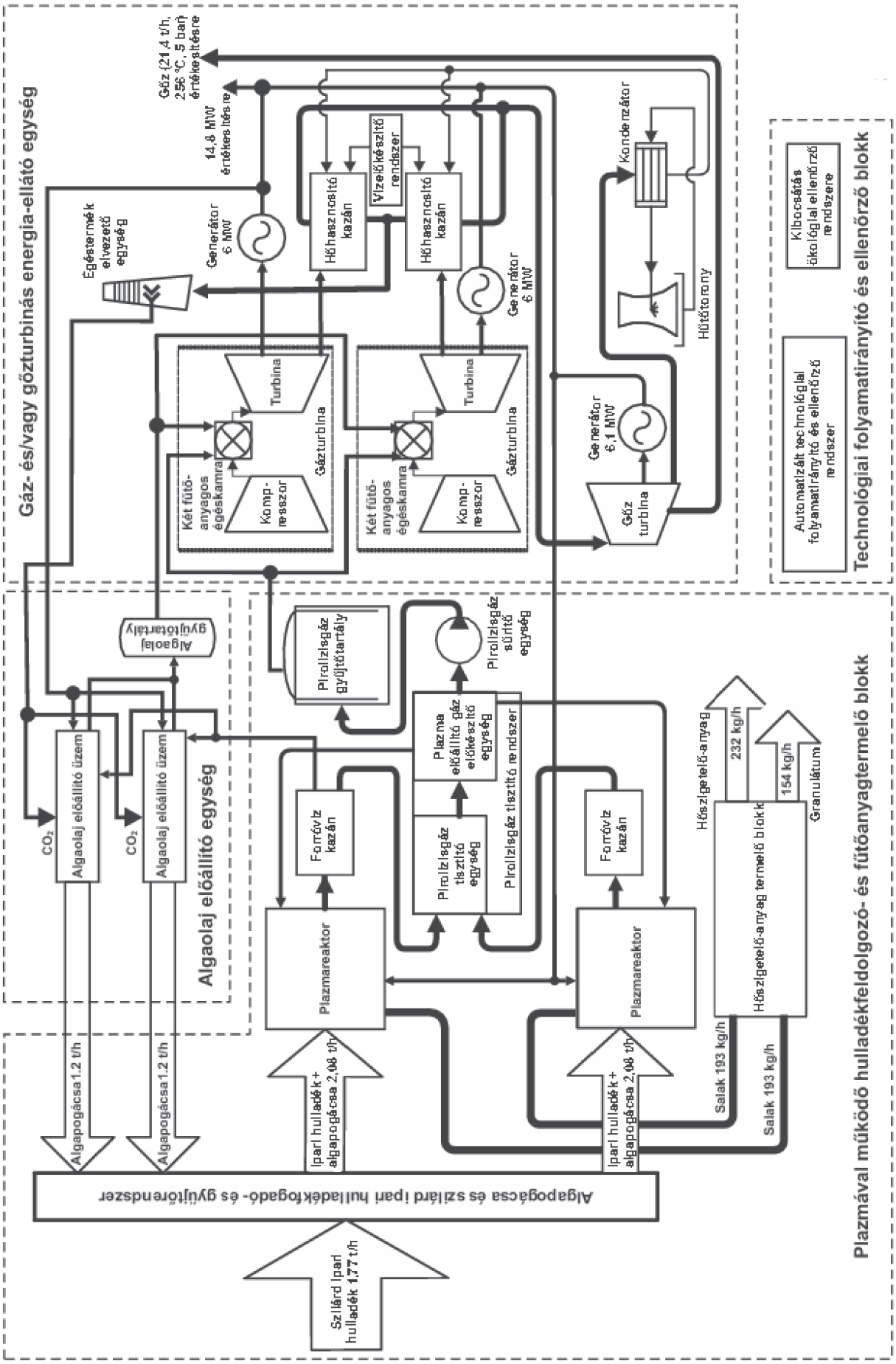
14. A 7 -13. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység gázturbinája által termelt hulladékhőt ismert módon, adott esetben a gőzturbina működtetésénél, hasznosítjuk.

## TÉTELJEGYZÉK

1 erőmű
2 plazmareaktor
3 égéstermék elvezető egység
4 energia-előállító egység
5 leválasztó egység
6 alga-bioreaktor
7 fogadó egység
8 kimenet
9 bevezető pont
10 algacentrifuga
11 algaolaj préselő egység
12 szétválasztó egység
13 algapogácsa gyűjtőtartály
14 algaolaj gyűjtőtartály
15 gázturbina
16 gőzturbina
17 szűrőegység
18 algaolaj előállító üzem
19 vezérlés
20 vízpumpa
21 takarító egység
22 filter
23 táplálék adagoló
24 algaolaj előállító egység
25 generátor
26 hőcserélő
27 hőszigetelő-anyag termelő blokk
28 pirolízisgáz tisztító rendszer
29 pirolízisgáz tisztító egység
30 plazma előállító gáz előkészítő egység
31 pirolízisgáz gyűjtőtartály
32 pirolízisgáz sűrítő egység
33 pirolízisgáz sűrítő rendszer
34 hulladék feldolgozó- és fűtőanyag-termelő blokk
35 hőhasznosító egység
36 kazán
37 vízelőkészítő egység
38 folyamatirányító és ellenőrző blokk
39 hűtőrendszer
40 tüzelőanyag adagoló
41 kompresszor
42 turbina
43 égéskamra
44 légpumpa


Alga-biodizel
14
25
5
3
36
2
26
13
18
12
11
10
6
8
9
20
21
22
23
7
19
FŰTÉS – HŰTÉS
$CO_2$


Gőz
Villamos-energia
Algapogácsa
Algapogácsa
Ipari hulladék + algapogácsa
Ipari hulladék + algapogácsa
Ipari hulladék
Salak
Salak
Hőszigetelő-anyag
Granulátum
CO2
CO2
CO2


Plazmával működő hulladékfeldolgozó- és fűtőanyagtermelő blokk
Technológiai folyamatirányító és ellenőrző blokk
Automatizált technológiai folyamatirányító és ellenőrző rendszer
Kibocsátás ökológiai ellenőrző rendszere
Gáz- és/vagy gőzturbinás energia-ellátó egység
Gőz (21,4 t/h, 256 °C, 5 bar) értékesítésre
14,8 MW értékesítésre
Kondenzátor
Hűtőtorony
Generátor 6 MW
Generátor 6 MW
Generátor 6,1 MW
Égéstermék elvezető egység
Hőhasznosító kazán
Hőhasznosító kazán
Vízelőkészítő rendszer
Turbina
Turbina
Gázturbina
Gázturbina
Két fűtőanyagos égéskamra
Két fűtőanyagos égéskamra
Kompresszor
Kompresszor
Gőz turbina
Algaolaj előállító egység
Algaolaj gyűjtőtartály
Algaolaj előállító üzem
Algaolaj előállító üzem
$CO_2$
$CO_2$
Algapogácsa 1,2 t/h
Algapogácsa 1,2 t/h
Pirolízisgáz gyűjtőtartály
Pirolízisgáz sűrítő egység
Plazma előállító gáz előkészítő egység
Pirolízisgáz tisztító rendszer
Pirolízisgáz tisztító egység
Forróvíz kazán
Forróvíz kazán
Plazmareaktor
Plazmareaktor
Hőszigetelő-anyag
232 kg/h
154 kg/h
Granulátum
Hőszigetelő-anyag termelő blokk
Salak 193 kg/h
Salak 193 kg/h
Ipari hulladék + algapogácsa 2,008 t/h
Ipari hulladék + algapogácsa 2,008 t/h
Algapogácsa és szilárd ipari hulladékfogadó- és gyűjtőrendszer
Szilárd ipari hulladék 1,77 t/h

# MELLÉKLET

70%-ot is.

- Gazdaságossági szempontokat figyelembe véve meg kell említeni azt is, hogy az üvegházi termesztésnél a mesterséges megvilágításnak köszönve napi kétszeri szürettel is lehet számolni.

## HIVATKOZÁS


Antal, T. K.; Krendeleva, T. E.; Laurinavichene, T. V.; Makarova, V. V.; Ghirardi, M. L.;

Rubin, A. B.; Tsygankov, A. A.; Seibert, M. (2003). The dependence of algal H2 production on Photosystem II and O2 consumption activities in sulfur-deprived Chlamydomonas reinhardtii cells. Biochimica et Biophysica Acta. 1607(2-3). 8 December 2003. 153-160.

Asada, Yasuo; Miyake, Jun (1999). Photobiological hydrogen production. Journal of Bioscience & Bioengineering. 88(1). July, 1999.1-6.

Benemann, John R. (2000) Hydrogen production by microalgae. Journal of Applied Phycology. 12(3-5). October, 2000. 291-300

Benemann, John R.; Richmond, Amos [Editor] (). Hydrogen and Methane Production by Microalgae (23). Handbook of Microalgal Culture (Biotechnology and Applied Phycology), 403-413

Dr. Felföldy Lajos, A zöldalgák PHYTOMONADINA csoportjának kishatározója, Vízügyi hidrobiológia 14, 1985

Florin, Lora; Tsokoglou,Anestis; Happe,Thomas (2001) A novel type of iron hydrogenase in the green alga Scenedesmus obliquus is linked to the photosynthetic electron transport chain. Journal of Biological Chemistry. 276(9). March 2, 2001. 6125-6132

Forestier, Marc; King, Paul; Zhang, Liping; Posewitz, Matthew; Schwarzer, Sarah; Happe, Thomas; Ghirardi, Maria; Seibert, Michael (2003). Expression of two (Fe)-hydrogenases in Chlamydomonas reinhardtii under anaerobic conditions. European Journal of Biochemistry. 270(13). July 2003. 2750-2758.

Ghirardi, Maria L.; Zhang, Liping; Lee, James W.; Flynn, Timothy; Seibert, Michael> Greenbaum, Elias; Melis, Anastasios (2000). Microalgae: A green source of renewable H2. Trends in Biotechnology. 18(12). December, 2000. 506-510

Kim, Jun Pyo; Kang, Chang Duk; Sim, Sang Jun; Kim, Mi Sun, Park, Tai Hyun; Lee, Donghyun, Kim, Dukjoon; Kim, Ji-Heung; Lee, Young Kwan; Pak, Daewon (2005). Cell age optimization for hydrogen production induced by sulfur deprivation using a green alga Chlamydomonas reinhardtii UTEX 90. Journal of Microbiology & Biotechnology. 15(1). February 2005. 131-135

Kiss Keve Tihamér, Algológiai praktikum, 1998

Kiss Keve Tihamér, Bevezetés az algológiába, 1998

Kosourov, Sergey; Tsygankov, Anatoly; Seibert, Michael; Ghirardi, Maria L. (2002). Sustained hydrogen photoproduction by Chlamydomonas reinhardtii: Effects of culture parameters. Biotechnology & Bioengineering. 78(7). June 30, 2002. 731-740

Lee, James W.; Greenbaum, Elias (2003). A new oxygen sensitivity and its potential application in photosynthetic H2 production. Applied Biochemistry & Biotechnology. 105-108 Spring 2003. 303-313

Lee, Yuan-Kun; Shen, Hui; Richmond, Amos [Editor] (). Basic Culturing Techniques (3), Handbook of Microalgal Culture (Biotechnology and Applied Phycology), 40-54

Madamwar, Datta; Garg, Nikki; Shah, Vishal (2000). Cyanobacterial hydrogen production. World Journal of Microbiology & Biotechnology. 16(8-9). 2000. 757-767.

Melis, Anastasios; Zhang, Liping; Forestier, Marc; Ghirardi, Maria L., Seibert, Michael (2000). Sustained photobiological hydrogen gas production upon reversible inactivation of oxigen evolution in the green alga Chlamydomonas reinhardtii. Plant Physiology (Rockville). 122(1). Jan., 2000. 127-135

Posewitz, M. C.; King, P. W.; Smolinski, S. L.; Smith, R. Davis II; Ginley, A. R.; Ghirardi, M. L.; Seibert, M. (2005). Identification of genes required for hydrogenase activity in Chlamydomonas reinhardtii. Biochemical Society Transactions. 33 (Part 1). February 2005. 102-104

Tamagnini, Paula; Costa, Jose-Luis; Almeida, Ligia; Oliveira, Maria-Jose; Salema, Roberto; Lindblad, Peter (2000). Diversity of cyanobacterial hydrogenases, a molecular approach. Current Microbiology. 40(6). June, 2000. 356-361

Tatyana V. Laurinavichene, Irena V. Tolstygina, Anatoly A. Tsygankov (2004). The effect of light intensity on hydrogen production by sulfur-deprived Chlamydomonas reinhardtii. Journal of Biotechnology. Volume 114, Issues 1-2, 19 October 2004, Pages 143-151

Tatyana V. Laurinavichene, Irena V. Tolstygina, Rumiya R. Galiulina, Maria L. Ghirardi, Michael Seibert, Anatoly A. Tsygankov (2002) Dilution methods to deprive Chlamydomonas reinhardtii cultures of sulfur for subsequent hydrogen photoproduction. International Journal of Hydrogen Energy, Volume 27, Issues 11-12, November-December 2002, pages 1245-1249

Tredici, Mario R.; Richmond, Amos [Editor] (). Mass Production of Microalgae: Photobioreactors (9). Handbook of Microalgal Culture (Biotechnology and Applied Phycology), 178-210

Wunschiers, Robbe; Stangier, Krestin; Senger, Horst; Schulz, Rudiger (2001) Molecular evidence for a Fe-hydogenase in the green alga Scenedesmus obliquus. Current Microbiology. 42(5). May, 2001.353-360

Borsos B. et al., 1998: Ötletek a fenntartható vidékfejlesztési programok tervezéséhez. CEEWEB, Miskolc

Brundtland, G. H. et al., 1987: Közös Jövőnk. Mezőgazdasági Kiadó, szerk.: Persányi M., 1988

Bulla M., Faragó T., Nathon I. (szerk.), 1992: Az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciája: tények és adatok. ENSZ

Környezet és Fejlődés Konferencia Magyar Nemzeti Bi-

zottság, Budapest
Bulla M., Foltányi Zs., Moser J., Varga É., Varga J. (szerk.), 1993: Feladatok a XXI. századra, az ENSZ Környezet és Fejlődés Világkonferencia dokumentumai. Föld Napja Alapítvány, Budapest
Carson R., 1962: Néma tavasz. Katalizátor iroda, 1995, Budapest
Csanády R. A., Pomázi I., Szabó T. (szerk.), 1997: A fenntarthatóság felé: az Európai Unió Ötödik Környezetvédelmi Akcióprogramja (az EU-program magyar nyelvű kiadása). KTM, Budapest
Faragó T., Gyulai I. (szerk.), 1994: Az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciáján elfogadott ‚Feladatok a XXI. századra' című program áttekintése. Fenntartható Fejlődés Bizottság, Budapest
Faragó T., Nemes Cs. (szerk.), 1997: Az ENSZ Közgyűlés Rendkívüli Ülésszaka: a fenntartható fejlődés nemzetközi programjának értékelése és a további feladatok. Fenntartható Fejlődés Bizottság, Budapest
Faragó T. et al., 1998: Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése: Kiotói Jegyzőkönyv az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményéhez és a hazai feladatok. Fenntartható Fejlődés Bizottság, Budapest
Faragó T. (szerk.), 2002: Nemzetközi együttműködés a fenntartható fejlődés jegyében és az Európai Unió Fenntartható Fejlődési Stratégiája. Fenntartható Fejlődés Bizottság, Budapest
F. Nagy Zs. et al. (szerk.), 1995: A fenntartható fejlődés programja: a környezetvédő mozgalmak nézőpontja a fenntartható fejlődés programjáról. Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest
Gyulai I., 1999: A fenntartható fejlődés. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány, Miskolc
Hontelez, J.; Molin, K., 2001: Az Európai Unió elkötelezettsége a fenntartható fejlődésért. Magyar nyelvű kiadása: Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest
Kerekes S., Kiss K., 1998: EU csatlakozásunk környezetvédelmi feltételei és következményei. Magyarország az ezredfordulón. MTA Stratégiai kutatások. Zöld belépő, 59. szám, Budapest
Kerényi A., 1995: Általános környezetvédelem: globális gondok, lehetséges megoldások. Mozaik, Szeged
Láng I. (szerk.), 1998: EU-csatlakozásunk környezeti szempontból. Európai Tükör, 1998, III. 2. szám, Budapest
Láng I., 2001: Stockholm - Rió - Johannesburg: Lesz-e új a Nap alatt a környezetvédelemben? Magyar Tudomány, 2001, 1415-1422
Magyar Nemzeti Bizottság, 1991: Nemzeti beszámoló az ENSZ 1992. évi Környezet és Fejlődés Világkonferenciájára.
ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia MNB, Budapest
Meskó A., 2000: Átmenet a fenntarthatósághoz a 21. században. Magyar Tudomány, 2000, 1252-1260
OECD, 1997: Az átmenet irányítása a fenntartható fejlődés felé. (a magyar kiadás szerk.:
Nemes Cs., Pomázi I.), KTM, 1998
Pomázi I., Szabó E. (szerk.), 2001: Környezeti előretekintés, stratégia és kulcsmutatók az
OECD-ben, Környezetvédelmi Minisztérium, Budapest
Barati S., Gyulai I., Vadász I., 1997: Policy Paper on Sustainable Agriculture in Hungary - an NGO View. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért, Miskolc
Brown, L. B., 1981: Building a Sustainable Society. W. W. Nothorn and Co., New York
Brundtland, G. H. et al., 1987: Our Common Future. Oxford University Press, Oxford - New York
Carson R., 1962: Silent Spring. (Megj. magyar nyelven: Néma tavasz. Katalizátor iroda, 1995, Budapest)
CEC, 2001: A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development. Communication from the Commission. COM(2001) 264 final, Commission of the European Communities, Brussels
CEC, 2001: European Governance, White Paper. COM(2001) 428 final, Commission of the European Communities, Brussels
Daly, H., 1991: Steady-state Economics. Island Press, Washington D.C.
Dodds, F., 2000: Earth Summit - 2002: A New Deal. Earthscan, London and Sterling, VA
EEAC, 2001: Greening sustainable development strategies: proposals by the European Environmental Advisory Councils for the EU Sustainable Development Strategy
Gyulai I. et al., 1998: Best practices of sustainable rural development in Hungary. Lánchíd Kiadó Kft., Budapest
Meadows, D. H. et al., 1972: The limits of growth. Universe Books, New York
Mehra M., Jorgensen A.-M., 1997: Towards Sustainable Development for Local Authorities - Approaches, Experiences and Sources. European Environmental Agency, Copenhagen
OECD, 1997: Guiding the Transition to Sustainable Development: A Critical Role for the OECD,Paris
OECD, 1998: Eco-efficiency, OECD, Paris
OECD, 2001: Sustainable development - critical issues. OECD, Paris

A kutatást-fejlesztést vezette és a tanulmányt összeállította:
**KOLLÁR FERENC**

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MEGVALÓSÍTÁSI TERVE

## IPARI HULLADÉKOT ÉS BIOMASSZÁT FELDOLGOZÓ, MAGASHŐMÉRSÉKLETŰ PLAZMÁS TECHNOLÓGIÁN ÉS ALGA-FOTOBIOREAKTORON ALAPULÓ KOMPLEXUM ÉPÍTÉSE EGY IPARI PARKBAN, MAGYARORSZÁGON

**A tanulmány Kollár Ferenc tulajdonát képezi.**
**Ezen dokumentum tartalma szerzői jogvédelem és szellemi tulajdon védelme alatt áll.**
**A találmánnyal kapcsolatos ismertető elektronikus vagy nyomtatott formában való közzététele vagy sokszorosítása törvénybe ütközik.**

**2011**

# 1. ÖSSZEFOGLALÁS

## 1.1. A PROJEKT ÁLTALÁNOS JELLEMZŐJE

A jelenlegi Projekt célja egy magas hőmérsékletű, plazmás elgázosításon alapuló, teljes $CO_2$ hasznosítású, ipari hulladékot és biomasszát feldolgozó Komplexum létrehozása és felépítése egy magyarországi ipari park területén, melynek beépített villamos teljesítménye 18,1 MW.

A Komplexum létrehozásának céljából 2010-ben megalakul egy Projektcég. A Projektcég tevékenysége az ipari szilárd hulladékok és biomasszát feldolgozó egy magyarországi ipari park területén létesítendő Komplexum felépítésére, valamint alga felhasználásával megújuló energiaforrások előállítási technológiájának fejlesztésére irányul.

A Komplexum üzemi teljesítőképessége (hulladék éves hasznosítási volumene) 39 200 tonna hulladékot tesz ki évente. Emellett a feldolgozandó hulladék struktúrája a következőkkel jellemezhető: a feldolgozandó hulladék összvolumenének 38%-át (évi 15 000 tonnát) az alga- biomassza, 16 %-át (évi 6.200 tonnát) gépkocsi gumiabroncs, 47%-át (évi 18.000 tonnát) az ipari hulladékok teszik ki.

A hulladék magas hőmérsékletű plazmás feldolgozásának technológiai sémája lehetővé teszi, a hulladék nyersanyagként történő felhasználását villamos energia, hőhordozó (gőzzel való fűtés) és melléktermék – bazaltszerű salak előállítását. Ezen kívül a Komplexum előirányozza $CO_2$ hasznosítását, vizinövények termesztésére, melyekből biomassza keletkezik.

A tervezett kapacitás elérése után a Komplexum éves előállított végtermékeinek mennyisége a következő:

- Villamos energia – 92 270 000 kW h;
- hőhordozó (gőz, forró víz) – 2000 Gkal (szezonálisan a forróvíz szolgáltatás (FVSZ) számára);
- biodízel üzemanyag – 11 070 000 liter;
- bazaltszerű salak – 1 460 tonna (a bazaltszerű salakból 580 tonna granulált salak kerül legyártásra építőanyag gyanánt, valamint 880 tonna hőszigetelő lemez).

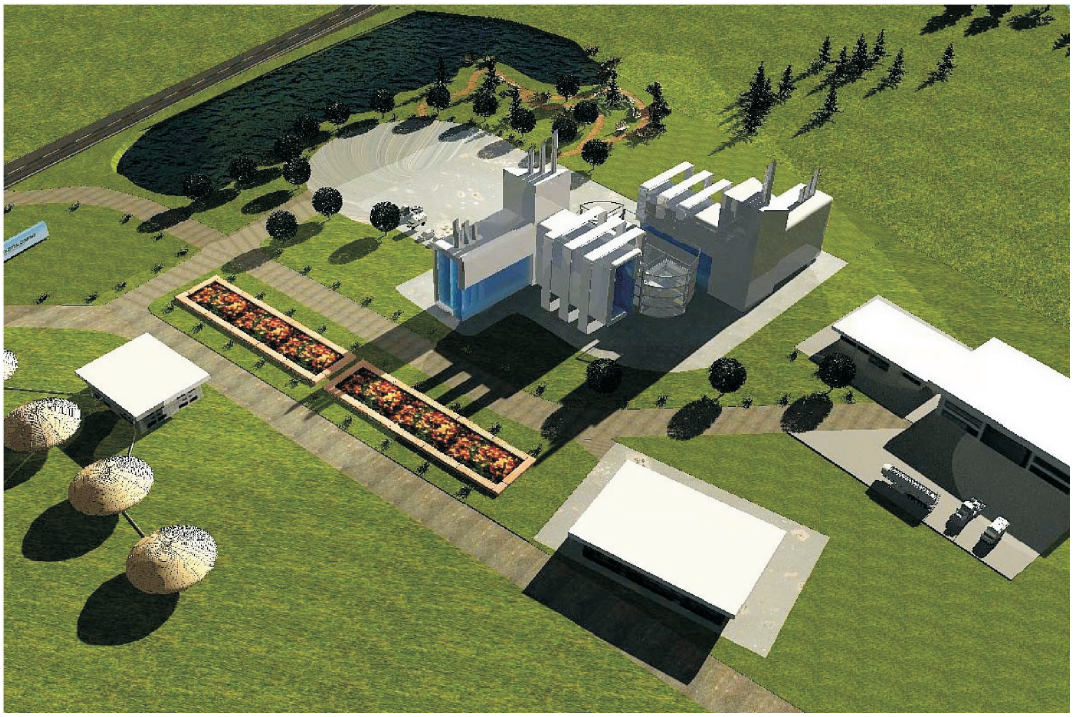
A Projekt megvalósításának keretein belül végrehajtásra kerül:

- a termelőegység megépítése, amely magába foglalja a magas hőmérsékletű plazmakonverterekkel és plazmatronikával fölszerelt hulladékföldolgozó egység, egyenes áramlású hőhasznosító kazánok - melyek a forró pirolízisgáz hőhasznosítói, a CCGT energetikai egység, nyomásfokozó kompresszorállomás, gázturbinás erőművek, egyenes áramlású hőhasznosító kazánok és gőzturbinák létrehozását.
- meglévő épületek fölújítása a komplexum irodai és laboratóriumi helyiségeinek biztosítása végett, és raktárépületek építése
- a meglévő infrastruktúra adaptációja a Komplexumhoz

A Komplexum építési területe egy magyarországi ipari park területén helyezkedik el.

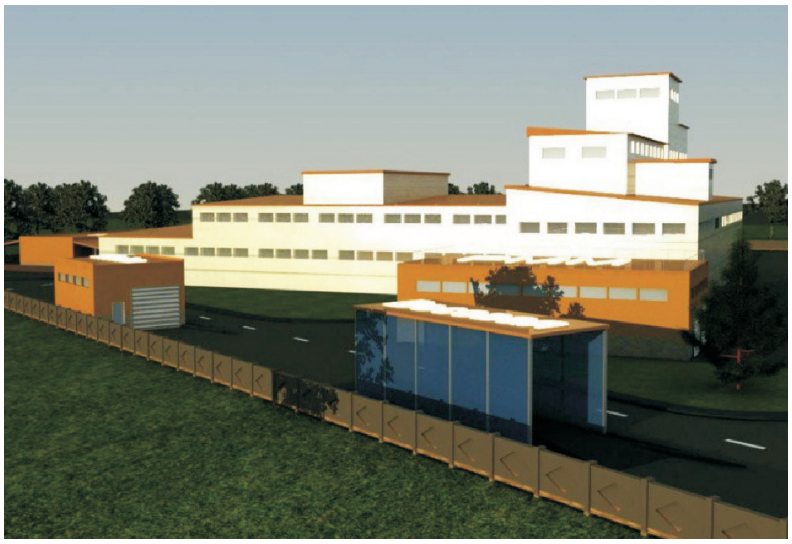
A magyarországi ipari park infrastruktúrája fejlett. A terület szilárd borítású úthálózattal és vasútvonallal rendelkezik, a víz-, gáz-, és villamosenergia ellátás biztosított, a csatornahálózat kiépített, telefon- és internet hálózat rendelkezésre áll. Az Ipari park egyedi hőellátó rendszerrel valamint őrző-védő szolgálattal rendelkezik.

A Komplexum építési területe földrajzi elhelyezkedésének fontos sajátossága, hogy lehetővé teszi kvalifikált munkaerő biztosítását a közelben lévő nagyvárosból is.



*1. ábra: Egy lehetséges építészeti terv*







*2–4. ábra: További lehetséges építészeti tervek*

**A Komplexum működéséhez szükséges erőforrások jellemzői (előzetes adatok)**

1. Ipari hulladék és alga biomassza (többek között gumiabroncs) – 5 490 kg/óra (39 200 tonna/év).
2. Víz – 52 m³/óra.
3. Villamosenergia külső hálózatból - 800 kW.
4. Szennyvíz elvezető csatorna – 16 m³/óra.
5. Esővízlevezető csatorna – kalkulált vízlefolyás 168 m³/mp., maximális 1363 m³/pm
6. Sűrített levegő[1] - 1500 nm³/óra.
7. Gáznemű széndioxid[2] - 380 nm³/óra.
8. Gáznemű oxigén - 130 nm³/óra.
9. Gáznemű nitrogén - 100 nm³/óra.

**Az üzemeltetési folyamat során kapott saját termelésből származó hulladékok (előzetes adatok)**

1. A szilárd anyagok, melyek a gáztisztító részlegben kerülnek elfogásra és eltávolításra az átmosott gáztisztítóból és abszorpciós készülékből: szilárd anyagok az átmosott gáztisztítóból - sókeverék $Ca_3(PO_4)_2$, $CaF_2$, gyanta részecskék és szilikát részecskék -
   30-50 kg/óra:
   25 kg/óra $Ca_3(PO_4)_2$ (51-85%) -ig,
   0,2 kg/óra $CaF_2$ (0,4-0,7%)-ig,
   0,2-4 kg /óra szilikát (0,7-8,1%),
   4-20 kg/óra gyanta vegyületek (14-41%, az üzemeltetés során kerül pontosításra).
   **Az itt felsorolt összes szilárd anyag feldolgozásra és ártalmatlanításra a plazma reaktorba kerül együtt a hulladék alaptömegével.**
2. Gáztisztító rendszer hulladéka - oldat $CaCl_2$ (23 gr/liter) – 550 liter/óra.
   A gáztisztító rendszer hulladék átpárologtatásra kerül, a maradék feldolgozásra és ártalmatlanításra a plazma reaktorba kerül együtt a hulladék alaptömegével.
3. A gázturbinás erőművek kipufogógázának összetétele a $CO_2$ hasznosítása után (előzetes számítások) nem több:

| | | |
|---|---|---|
| **$N_2$** | **-** | **70,84%** |
| **$O_2$** | **-** | **17,18%** |
| **$CO_2$** | **-** | **0,14%** |
| **$H_2O$** | **-** | **11,84%** |

**A projekt szolgáltatásainak és berendezéseinek beszállítói**

1. A tervezési és költségvetési dokumentációjának kidolgozása és elkészítése.
2. A tervezési és költségvetési dokumentációjának magyarországi adaptációja.
3. A Komplexum berendezései európai tanúsítványai beszerzésének megszervezése és lebonyolítása, a Komplexum berendezéseinek leszállítása és a magyarországi munkálatok általános koordinációja.
4. A magas hőmérsékletű plazmás elgázosító egység gyártása és szállítása.
5. A két URAL-6000 típusú gázturbinás villamos erőmű gyártása és szállítása.
6. A gőzturbinák gyártása és szállítása.
7. A három gáznyomásfokozó kompresszorállomás gyártása és szállítása.
8. A kettő egyenes áramlású hőhasznosító kazán gyártása és szállítása.
9. Az algákból biomasszát és biodízel üzemanyagot előállító berendezések gyártása és szállítása.
10. Az építési munkálatok kivitelezése és egyéb eszközök készítése.

## 1.2. A PROJEKT TERMÉKPIACAINAK JELLEMZÉSE

A komplexum fő termékei a következők:

- villamosenergia
- hőhordozó
- biodízel üzemanyag
- bazaltszerű salak

A Projekt termékpiacai vonzók, valamint rendelkeznek további fejlesztési erőforrásokkal. A kezdeményezők kihasználva a Projekt lehetőségeit, melyet az adott piacok hosszúlejáratú perspektívában biztosítanak, lehetővé teszik a Komplexum magas munkahatékonysági mutatók elérését – diszkontált megtérülési határidő 6,12 év (5,12 év az üzembe helyezés pillanatától számítva) és egyszerű megtérülési határidő

5,15 év (4,15 év az üzembe helyezés pillanatától számítva), IRR – 26,8%, NPV – 72,153 millió Euró.

A vizsgált termékpiacokat különböző befolyásoló tényezők jellemzik: szociális-gazdasági (SZGT), technológiai (TT) és politikai (PT) jellegűek.

*1. táblázat: Főbb befolyásoló tényezők, melyek hatást gyakorolnak a Projekt megvalósítása során keletkezett termékek piacának állapotára és fejlődésére*

| Tényezők csoportja | **Tényezők** | |
|---|---|---|
| | ***pozitív*** | ***negatív*** |
| | ***szerkezeti*** | |
| **Villamosenergia** | | |
| SZGT | A szén és a gáz árnövekedése (jelentős hatást gyakorol a villamosenergia árának növekedésére). | Energiatakarékos technológiák bevezetése, iránymutató a GDB fajlagos energiaigényének csökkentésére. |
| | A kifejlesztett kapacitások erkölcsi elévülése (az erőművek alacsony hatékonyságú működése, a környezetbe a megengedett károsanyag kibocsátás nem felel meg a szabványokban előírt követelményeknek) | |

[1] Csak a Komplexum első szakaszának üzembe helyezési periódusában szükséges

[2] Széndioxid (szén-dioxid), oxigén és nitrogén saját zártrendszerű technológiai folyamaton belül kerülnek kitermelésre és felhasználásra

| Tényezők csoportja | Tényezők | |
|---|---|---|
| | ***pozitív*** | ***negatív*** |
| | ***szerkezeti*** | |
| **Villamosenergia** | | |
| SZGT | A szén és a gáz árnövekedése (jelentős hatást gyakorol a villamosenergia árának növekedésére). | Energiatakarékos technológiák bevezetése, iránymutató a GDB fajlagos energiaigényének csökkentésére. |
| | A kifejlesztett kapacitások erkölcsi elévülése (az erőművek alacsony hatékonyságú működése, a környezetbe a megengedett károsanyag kibocsátás nem felel meg a szabványokban előírt követelményeknek) | |
| TT | A kisméretű, alternatív energiagazdálkodás fejlesztése; a megújuló üzemanyag fajták felhasználásának növekedése, mely feltételezi az ökológiára gyakorolt terhelés korlátozásának szükségessége.<br>A villamosenergia termelés kombinált gőzgáz és gázturbinás technológiai fejlesztése (lehetővé teszi a működő generált kapacitások hatásfokának növelését és a fajlagos üzemanyag felhasználás csökkentését.) | |
| PT | Alternatív üzemanyag forrásokkal működő villamoserőművek építésének állami támogatása. 389/2007. (XII.23.) Korm. rendelet. | A GDP fajlagos energiakapacitásának csökkentése.<br>A gazdaság energiahatékonyságának növelése. |
| | Az üzemanyag-energia források belső felhasználási struktúrájában a gáz részarányának csökkentése, az alternatív energiaforrások alkalmazási részarányának növelése. | |
| **Hőenergia** | | |
| SZGT | A szén, a pakura és gáz árának növekedése (hatást gyakorol a hőenergia árára, értékben kifejezve nő a piac felvevőképessége) | Világosan kifejezésre jut a felhasználás szezonalítása |
| TT | A hasznosítható hőenergia termelésének növekedése, mely kombinált ciklusú erőműben kerül előállításra villamosenergia és egyéb termék gyártásakor. | Energiatakarékos és energiahatékony technológiák fejlesztése (a hőenergia piac nagyságára negatív hatást gyakorol).<br>Az ipari létesítményekben saját hőtermelés fejlesztése.<br>Hőtermelés növelése a kazánokban olcsó helyi nyersanyag felhasználásával. |

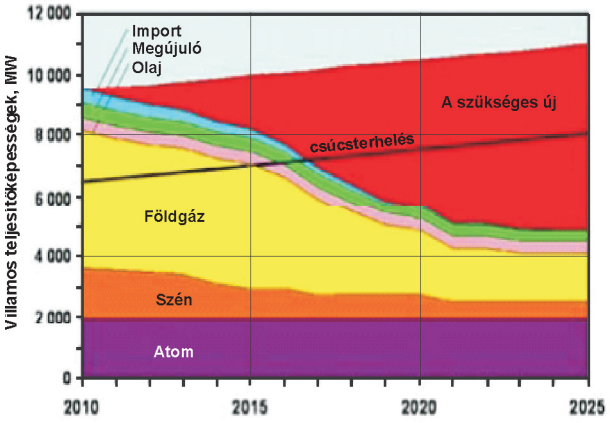
A fenti tényezők értékelése, mely a Projekt termékpiacainak állapotára és perspektivikus fejlesztésére vonatkozik, azt mutatja, hogy túlsúlyban van a pozitív tényezők hatása, minek következtében a hosszúlejáratú perspektíva tekintetében várható az adott piacok stabil fejlődése.

**Magyarország piacainak kulcs jellemzői, melyek lehetővé teszik a Projekt kereskedelmi képességének magas szintű értékelését**

**A villamosenergia piac kulcs jellemzői**

Jelenleg a meglévő kapacitások többsége, melyek Magyarország energetikai rendszerében működnek, erkölcsileg elöregedtek (alacsony hatékonyság és a környezetbe kikerülő ártalmas anyagok megengedett mennyisége nem felel meg a szabványi előírásoknak), ebből következik, hogy jelentős részük nem konkurenciaképes a villamosenergia regionális piacán. Ez a helyzet, valamint a villamosenergia igény várható növekedése a MAVIR Zrt. prognózisának felel meg (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító), mely szükségesnek tartja új generált kapacitások üzembe helyezését 5000 MW - 7000 MW között még a gazdasági válság miatt kialakult villamosenergia igény időszakos csökkenése esetén is.

Az Európai Unió tervei szerint, növelni kell a megújuló energiaforrások alkalmazását is. Ennek kapcsán a középtávú előrejelzések szerint csökkenthető a villamosenergia importja Magyarországra.

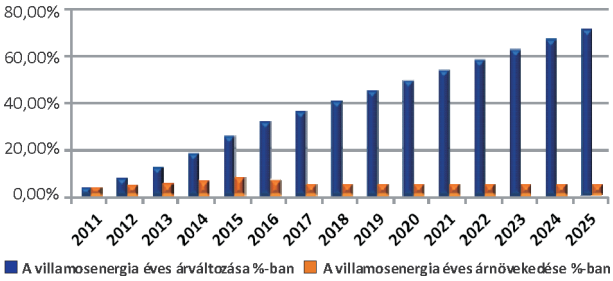



*5. ábra: Az energiaellátás rendszerének fejlesztési előrejelzése Magyarországon*

A MAVIR Zrt. középtávú és hosszú távú terveinek alapján feltételezhető, hogy 2010 után a villamosenergia fogyasztás évente átlagosan 1,5%-kal növekszik. Ezt a prognózist alátámasztja az egyik, független intézet, a Nemzetközi Energetikai Ügynökség. A MAVIR ZRT prognózisa szerint 2025-re, a magyarországi energiaellátási rendszerének teljes csúcsterhelése növekedhet körülbelüli 1500 MW-tal. Ennek következtében 2010-től 2025-ig

terjedő periódusban Magyarország energetikai rendszerének összkapacitása 9.000 MW-ról körülbelül 11.000 MW-ra emelkedik.

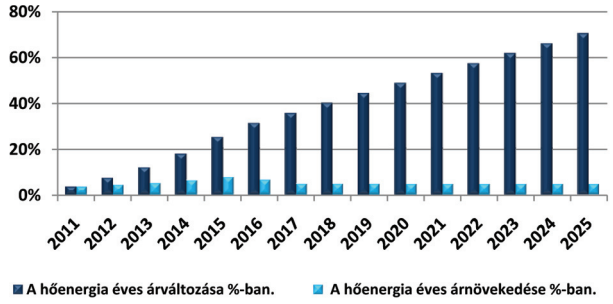
**Ily módon, a garantált energiaellátás és az árak stabilizálása Magyarországon szükségessé teszik új erőművek építését.**




*6. ábra: A villamosenergia árdinamikájának előrejelzése Magyarországon*

### A hőenergia piac kulcs jellemzői

Magyarországon a hőenergia felhasználás általános csökkenése tapasztalható, amely kapcsolatos az energiatakarékos és energiahatékony technológiák fejlesztésével (például, hőszivattyúk alkalmazása). Ugyanakkor a Companiesandmarkets.com elemzőinek prognózisa szerint 2014-re Magyarországon 1,455 milliárd KWh hőenergia termelést feltételez, ami 11,6%-os növekedést jelent 2010-től 2014-ig. A Companiesandmarkets.com elemzői hosszú távú perspektívaként prognosztizálják a hőenergia felhasználás növekedését 13,1%-kal 2010-től 2019-ig, ami körülbelül évente közepesen 1,3%. Figyelembevéve, hogy Magyarországon az alapvető hőenergiát a priogázzal működő nagy erőművek adják, a hőenergia nagykereskedelmi árszintje a 2010-es szinthez viszonyítva, 50-70%-os növekedése várható. **Ezzel kapcsolatban a nagykereskedelmi árnövekedés tényezője a hőenergia piaci volumenének növekedéséhez vezet, értékben kifejezve 50%-80%.**




*7. ábra: A hőenergia árdimanikájának előrejelzése Magyarországon*

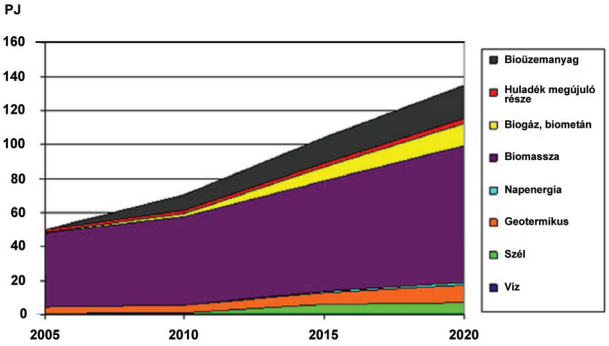
### Hulladékból és biomasszából előállított villamos- és hőenergia termelési és felhasználási piacának legfontosabb jellemzői

Az utóbbi időben az EU energetika területére vonatkozó stratégiájában egyre nagyobb figyelmet fordítanak a megújuló energiaforrások szélesebb körű felhasználására.

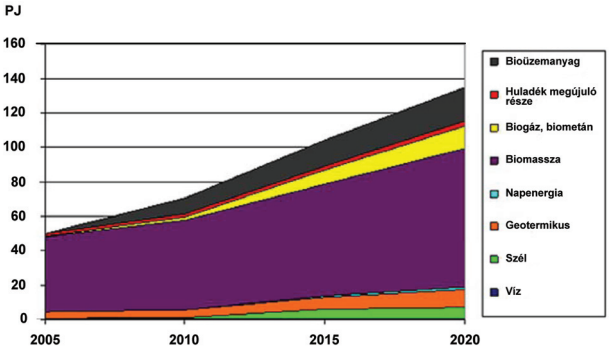
Az Európai Parlament és Tanács 2009/28/EK, a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról szóló irányelve

20%-os megújuló energia részarányt ír elő az európai tagállamok részére a bruttó energiafogyasztásban 2020-ig. Magyarország 13%-os megújuló energia részarány elérését vállalta. A Közlekedési Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium előrejelzési dokumentuma szerint 2020-ban az összes energiafelhasználás 992-1035 PJ/év intervallumban alakulhat. Ez azt jelenti, hogy a megújuló energia felhasználásnak 2020-ban, a 13%-os részarányt alapul véve, 129-135 PJ/év közötti tartományba kell esnie.

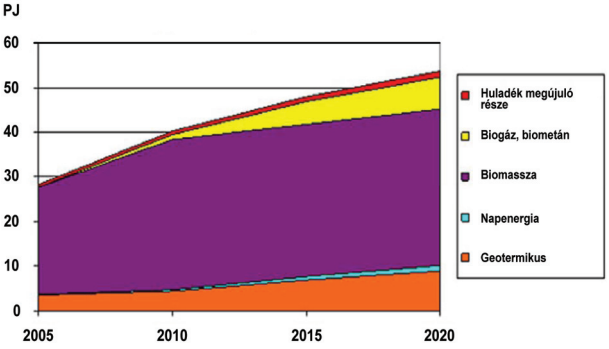
Ahogy a bemutatott diagramokból látható (8-10. ábrák) a hulladékból előállított és felhasznált villamosenergia és hőrészesedése a megújuló üzemanyag és energetikai források struktúrájában nem fog-




*8. ábra: Magyarország megújuló energiafelhasználása*




*9. ábra: Megújuló alapú villamos energiatermelés Magyarországon*




*10. ábra: Megújuló energiafelhasználás hőtermelésre Magyarországon*

lal el jelentős helyet. Ezt a tényt magyarázza, hogy a hulladék magas hőmérsékletű plazma elgázosítását a széles körben nem alkalmazzák. A hulladék ilyen irányú feldolgozásának fejlesztésétől függ a hulladékból előállított villamos- és hőenergia, valamint felhasználásuk részesedése, és ennek megfelelően a megújuló források összvolumenébe való befektetés.

A hulladéktól eltérően a megújuló üzemanyag és energetikai struktúrában jelentős szerepet tölt be a biomassza. Ennek az az oka, hogy villamosenergia és hő kinyeréséhez alkalmazott alapvető technológiákban használt biomasszából nyert üzemanyag gyakorlatilag nem különbözik az ásványi üzemanyag alkalmazási technológiájától, és az esetek nagy többségénél az üzemanyag égetéséből kerül előállításra. Ahogy a villamosenergia előállításánál, úgy a hőenergia esetében is, a biomasszából nyert üzemanyagra való áttérés költsége az átmeneti időszakban alacsony önköltségű. Ugyanakkor az tüzelési technológia alkalmazása megköveteli a kipufogó gázok viszonylag drága tisztító rendszerét , ami ezen technológia lényeges hiányossága.

Különleges helyet foglal el az alga-biomasszából nyert üzemanyag, amely magasabb energetikai mutatókkal rendelkezik, mint más biomassza forrásból nyert egyéb fajta üzemanyag.

Az algák – a föld leggyorsabban növekvő növényei; egy nap alatt mennyiségük többszörösére növekedhet. Ezen kívül, még egy különleges sajátossággal rendelkeznek – olajtartalmuk 50%, ami fontos az üzemanyag előállítás számára. Mint biológiai nyersanyag az algák előnye nyilvánvaló: különösen magas terméshozammal rendelkeznek, és termesztésükhöz nem kell hasznos mezőgazdasági területeket igénybe venni. Egyidejűleg, az algák termesztése ökológiai problémákat is megoldhat, az ipari vállalatok által kibocsátott széndioxid újrafelhasználása, mivel a $CO_2$ felhasználható az algák táplálékaként. Jelenleg az algák – üzemanyag előállítása céljából az egyik legperspektivikusabb biomassza forrás.

**A vizsgált Projektben a gázturbinás erőművek kipufogó gázaiból keletkezett $CO_2$ elkülönítése és annak továbbítása a biomassza előállító blokkba, biztosítva ezzel a biomassza előállítása termelékenységének növekedését az algák terméshozamának növelése alapján.**

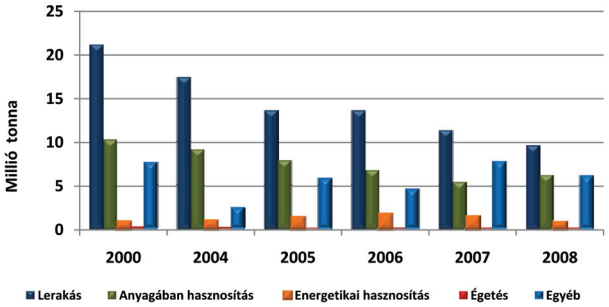
### Hulladékhasznosítás piacának kulcs jellemzői

Magyarországon a hulladék kezelésével kapcsolatos alapelvek a Nemzeti Terv a hulladék kezelése 2003-2008. közötti (ONT-I), valamint a Nemzeti Terv a hulladék kezelése 2009-2014. közötti (ONT-II), részben kerültek rögzítésre. Az ONT-I abban különbözik az ONT-II-től, hogy a hulladék kezelésének stratégiai elvei és a hosszúlejáratú célok bekerültek a szociális és gazdasági prioritásokba a hulladék teljes körű ökológiai problematikájának területébe (az EU által követelt irányelvek). Ezeknek az elveknek és prioritásoknak megfelelően körvonalazódik hulladék irányítás terve, és megszervezésre került a hulladék kezelési szolgáltatói piac, melynek alapját képezik az ökológiailag biztonságosabb megoldások.

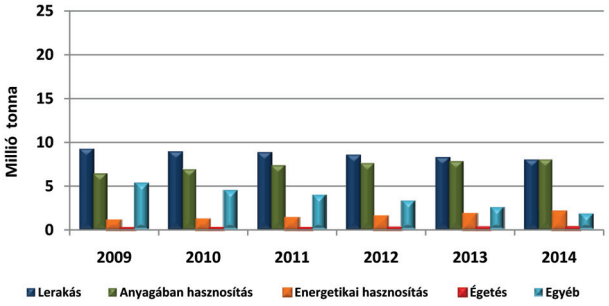
A hulladék kezelésének szolgáltatói piacára jellemző:

- magas aktivitás a hulladék lerakás szférájában;
- a hulladék jelentős részét hasznosításnak vagy másodlagos feldolgozásnak vetik alá;
- a hulladékból történő energia visszanyerés alacsony aktivitása.

A hulladék kezelésével kapcsolatos szolgáltatások fejlődése 2004-2010 között és a 2014-ig terjedő középtávú prognózis azt mutatja, hogy a lerakásra szánt hulladék volumene majdnem 17,42 millió tonnáról 2004-ben 8 millió tonnára csökken a 2014-re vonatkozó prognózis szerint, viszont az energia visszanyerése céljából felhasznált hulladék volumenének, melyet energia visszanyerésre használnak fel, tízszeresére kellene növekednie ez alatt az időszak alatt. (11-12. ábra).



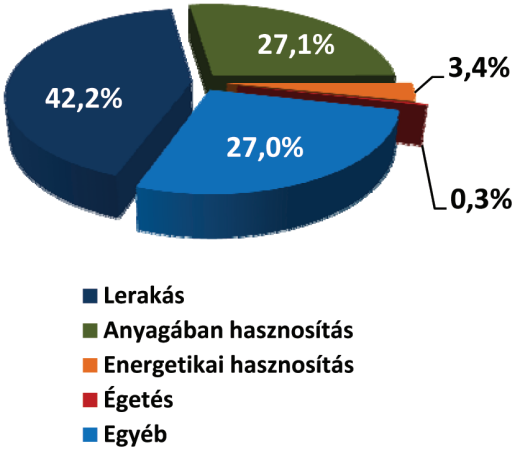

*11. ábra: A hulladékkezelés fejlődése 2000-2007 időszakra (szennyvíziszap nélkül)*



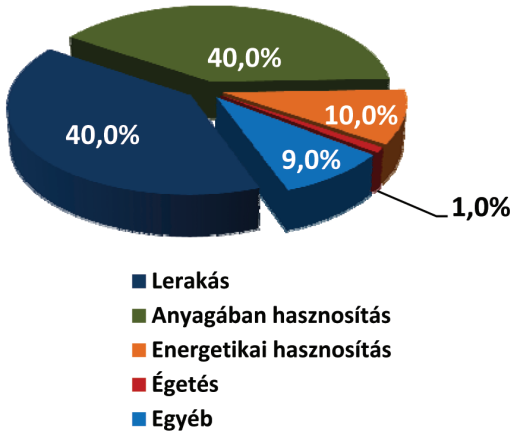

*12. ábra: A hulladékkezelés fejlődése és előrejelzése 2009-2014 időszakra (szennyvíziszap nélkül)*

A hulladék kezelés szolgáltató piaca állapotának elemzése azt mutatja, hogy a Magyarországon képződő teljes mennyiségből lerakásra kerül 40-42%. (13-14. ábra), ennek során megfigyelhető a hulladék mennyiségének állandó növekedése, amelyet újratermelnek vagy másodlagos feldolgozásnak vetnek alá. 2008-ban – 27,1%, 2010-ben – 32% és az előrejelzések szerint 2014-ben – 40%.

**A felsorolt tényezők alapján a hulladékfeldolgozás, hulladékártalmatlanítás piaca jelentős erőforrással rendelkezik, különösen az adott piac számára elfogadható új technológiákkal, például a hulladék magas hőmérsékletű plazma technológiával történő feldolgozásával, melyet magasabb gazdasági hatékonyság jellemez, viszonyítva a meglévőhöz, és ami lehetővé teszi az energia megújításához használt hulladék részének lényeges növelését.**



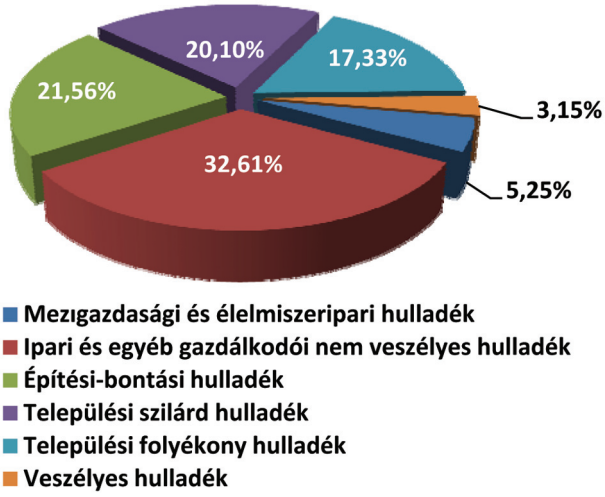

*13. ábra: A hulladékkezelés struktúrája 2008-ban (szennyvíziszap nélkül)*




*14. ábra: A hulladékkezelés struktúrája 2014-ben (prognózis szennyvíziszap nélkül)*

**A Komplexum termékei értékesítésének és sikertényezőinek kulcs jellemzői a hulladékkezelés szolgáltatói piacán**

Magyarországon évente 20 millió tonna hulladék képződik, de lerakásra kerül ebből körülbelül a hulladék 42%-a (2. táblázat, 15. ábra, forrás KvVM, KSH). A hulladék lerakása még mindig a legolcsóbb és széleskörben




*15. ábra: A hulladék összetétele Magyarországon 2008-ban (szennyvíziszap nélkül)*

alkalmazott módszer, különösen a városi hulladék tekintetében, melynek teljes mennyiségéből közel 75%-a kerül a hulladék lerakóba. A hulladékkezelés, úgy tűnik ilyen olcsó megoldása a későbbiekben bizonyos többletköltséget, és nehézséget idéz elő. Így 2009-ben a hulladéktárolók bezárása után ahol az ökológiai normákat nem tartották be, számtalan lakott település és hulladéktároló közötti távolság 60 km-re nőtt, ami jelentős hatást gyakorolt a hulladékszállítás önköltségére és ennek megfelelően a hulladékhasznosítás összköltségére is. A zárt tárolók újranyitása és további szakszerű gondozása több évtizedre meghatározza a környezetvédelmi feladatokat. Mind ez maga után vonja a zárt földalatti hulladéktárolók kiszolgálására fordítandó állami költségek növekedését. Ezen kívül, Magyarországon hiány van földalatti hulladéktárolókból. **A fenti okokból a jelenlegi Projektben foglalt magas hőmérsékletű plazmás technológia aktuális kérdés Magyarország számára.**

**A Komplexum sikerének kulcs tényezőjévé kell válnia a piacon (melyek lehetővé teszik a piaci lehetőségek maximálisan hatékony kihasználását és legjobb pénzügyi eredmények elérését):**

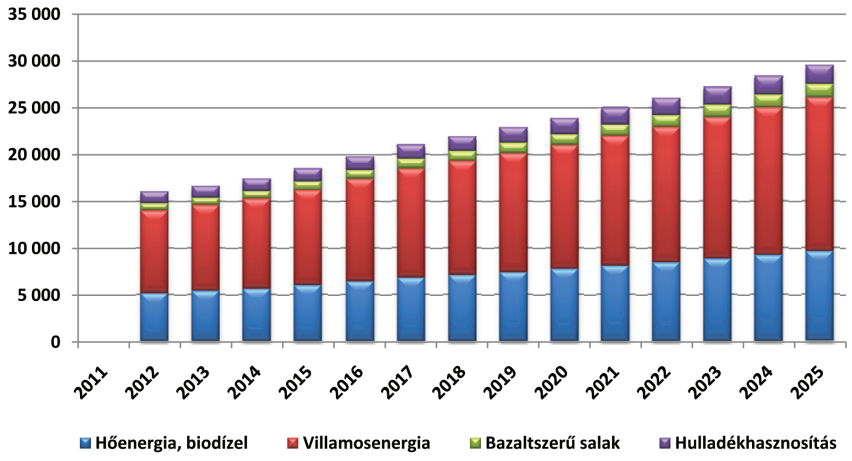
*2. táblázat*

| 2008 | Összes képződött hulladék (et) | Égetés | | Lerakás | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (ezer t) | % | (ezer t) | % |
| Mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék | 1 188 | 1 | 0,08% | 7 | 0,59% |
| Ipari és egyéb gazdálkodói nem veszélyes hulladék | 7 386 | 5 | 1,00% | 3349 | 45,34% |
| Építési-bontási hulladék | 4 882 | 0 | 0,00% | 2650 | 54,28% |
| Települési szilárd hulladék | 4 552 | 0 | 0,00% | 3341 | 73,40% |
| Települési folyékony hulladék | 3 925 | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% |
| Veszélyes hulladék | 714 | 60 | 8,40% | 216 | 30,25% |
| Összesen | 22 647 | 66 | 0,29% | 9563 | 42,23% |

***A Komplexum termékértékesítésének és a hulladékkezelés szolgáltatói piacának sikertényezői***

| Tényezők | Jellemzők |
|---|---|
| Elhelyezés az Ipari Parkban. | A Komplexum a főbb hulladékképzők közvetlen közelében helyezkedik el, ami lehetővé teszi a vállalatoknak (mind a hulladékképzőknek, mind a szállítóknak) hogy a hulladékszállítás költségén megtakarítást érjenek el. |
| | A Komplexum a főbb felhasználók közvetlen közelében helyezkedik el, mely a vállaltok – vevők részére lehetővé teszi kommunikációs költségek megtakarítását, hogy a Komplexum termékeit megkapják (villamosenergia és hőszolgáltatás) |
| A Komplexumban végbemenő termelési folyamatokban hulladék felhasználásra kerül sor | A Komplexum működése csökkenti a régió ökológiai terheit az ipari hulladék feldolgozásával, biztosítva ezzel a Nemzeti Tervben hulladék kezelésre vonatkozó feladatok elvégzését 2009-2014 időszakban (ONT-II) |
| A Komplexum technikai lehetőségei | A Komplexum energetikai blokkjának építése során alkalmazott technikai megoldások (a turbina kondenzáló gőzének felhasználása) rugalmas lehetőséget biztosítanak hőenergia kiegészítő termelésére téli időszakban vagy az Ipari Parkban új vállalatok tevékenysége esetén. |
| A Komplexum által előállított termékek versenyképes árainak megállapítása (az ágazaton belüli vezető árak szintjén) | |
| Támogatást kapnak a helyi /regionális irányító szervektől | A Komplexum ökológiailag biztonságos objektum, amely megoldja a hulladék lerakásának, ártalmatlanításának, a környezet szennyezés problémáját, ami hatékonyan elősegíti a helyi / regionális irányítói szervek érdeklődésének felkeltését, egyszerűsítve a termelés szervezésével és működésével kapcsolatos eljárásokat. |

A Komplexum működésének eredményeképpen a fent felsorolt piacokon a vállalat árbevétele jelentős ütemben növekszik és 2025-re eléri a 29.552.000 eurót. Az árbevétel alapvető részét a villamosenergia értékesítése biztosítja.




*16. ábra: Termékek és szolgáltatások értékesítéséből származó árbevétel, ezer euró (ÁFA nélkül)*

## 1.3. A PROJEKT MEGVALÓSÍTÁSÁNAK SZAKASZAI ÉS HATÁRIDŐK

A Projekt beruházási költsége a következőkből áll össze: a projekt kidolgozásának költsége, a tervezési és kivitelezési munkatervek, dokumentációk (TKMD) kibocsátásának költsége, az építési-szerelési munkák lebonyolításának költsége, a szabványos valamint egyedi kivitelezésű termelő berendezések beszerzésének, beépítésének és üzembe helyezésének költsége.

Szervezési szempontból a projekt megvalósítása három szakaszból áll:

**Első szakasz:** – A projekt kidolgozása, a projekt megvédése, a tervezési és kivitelezési munkatervek, dokumentációk kibocsátása

**Második szakasz:** – A berendezések legyártása a komplexumhoz, a biodízel előállításhoz és az algából előállított biomasszához, és a Komplexum termékeinek tárolására alkalmas egyedi kivitelezésű berendezések elkészítése.

**Harmadik szakasz** – Berendezések beállítása és szerelése a Komplexum építési területén, beindítási és beállítási munkák elvégzése, üzembehelyezés.

A projekt beruházási összköltsége **49,55 millió Euró** (ÁFA nélkül), ezen belül:

- a TKMD elkészítésének költségei – **3,88 millió Euró**
- az építési -szerelési munkálatok költségei – **4,41 millió Euró**
- a berendezések beszerzésének és telepítésének költségei – **41,26 millió Euró**

*3. táblázat: A projekt szerinti beruházási ráfordítások grafikonja ezer euró (ÁFA nélkül)*

| Költségek neve | 2011 | | | 2012 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Összesen | Ezen belül | | Ezen belül | |
| | | 3. negyedév | 4. negyedév | 1. negyedév | 2. negyedév |
| 1. TKM elkészítésének költségei | 3 880 | 3 880 | 0 | 0 | 0 |
| 2. Az építési-szerelési munkálatok költségei összesen | 4 405 | 3 107 | 329 | 0 | 970 |
| 3. A berendezések beszerzésének költségei összesen | 41 264 | 13 041 | 6 558 | 0 | 21 635 |

A beruházási ráfordítások fő összegei 2011. 3. negyedévében merülnek fel, amit a termelési berendezések beszerzésével kapcsolatos fontos kifizetések és az építészeti munkálatok aktív finanszírozása indokol.

A komplexum üzembe helyezésének tervezett időpontja 2012. 2. negyedév vége. 2012. 3. negyedévétől a Komplexum a tervezett teljes kapacitással működik.

### 1.4. A PROJEKT FŐBB PÉNZÜGYI ÉS GAZDASÁGI MUTATÓI

A Projekt már 2012. 3. negyedévében tiszta nyereséget hoz. A Komplexum működése első évének végére a tiszta nyereség éves nagysága elérheti a **8,9 millió eurót.** 2012 és 2025 között a tiszta nyereség volumene eléri megközelítőleg 184 millió eurót.

A Projekt már 2012. év **3. negyedévében** tiszta hasznot kezd termelni. A Komplex üzemeltetésének első évének a végére az éves adózás előtti eredmény elérheti a **8,9 millió Eurót**. A **2012 és 2025 évek közötti** időszakban halmozott adózás előtti eredmény mértéke nagyjából **184 millió Eurót** tesz ki.

*4. táblázat: A Projekt főbb pénzügyi és gazdasági mutatói*

| Sor-sz. | Mutató | Mutató értéke |
|---|---|---|
| **1.** | **Beruházási költség mértéke, millió Euróban (ÁFA nélkül)** | **49,551** |
| **2.** | **Bevételek teljes összege, millió Euróban (ÁFA nélkül)** | **314,139** |
| **3.** | **Projekt működési költségeinek teljes összege, millió Euróban** | **125,414** |
| **4.** | **Adózás előtti eredmény teljes összege, millió Euróban** | **183,720** |

### 1.5. A PROJEKT MEGVALÓSÍTÁS GAZDASÁGI HATÉKONYSÁGÁNAK ÉRTÉKELÉSE

A projekt hatékonyságának értékelésére legfőbb mutatókként az alábbiak kerültek kiválasztásra:

- Nettó jelenérték (NPV).
- Belső megtérülési ráta (IRR).
- A projekt megtérülésének ideje (PBP).
- A projekt megtérülésének diszkontált határideje (DPBP).
- Diszkontált jövedelmezőségi index (PI).

A projekt hatékonyságának alap mutatói 8% diszkontráta mellett lettek kiszámítva, ami megfelelő szintű jövedelmezőséget biztosított a saját tőkebefektetésnek a projekt megvalósulásával.

*5. táblázat: A projekt hatékonyságának főbb mutatói*

| Mutató | Mutató értéke |
|---|---|
| Nettó jelenérték (NPV), Euró. | **72 153** |
| Belső megtérülési ráta (IRR) % | **26,8** |
| A projekt egyszerű megtérülési ideje (PBP), év | **5,15** |
| A projekt megtérülésének diszkontált ideje (DPBP), év | **6,12** |
| Diszkontált jövedelmezőségi index (PI), szor | **3,06** |

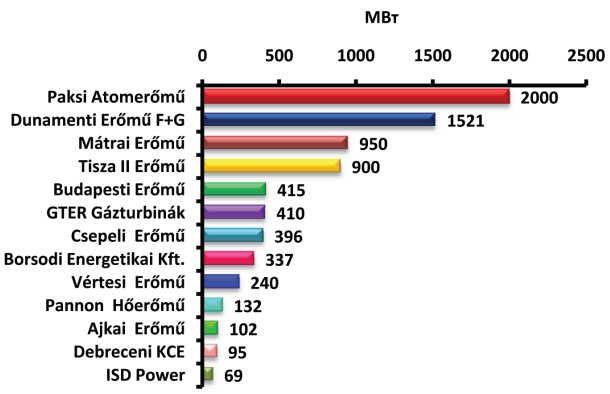
## 2. A PROJEKT MARKETING MEGALAPOZOTTSÁGA ÉS MARKETING TERVE

A jelenlegi fejezetben a Projekt késztermék piacának főbb vizsgálati eredményei kerülnek bemutatásra, a következő határok között:

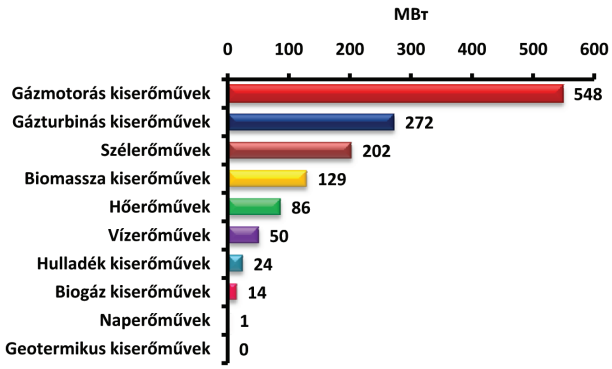
- terméki– villamosenergia, hőenergia, bazaltszerű salak, hulladékhasznosítási szolgáltatások, algabiodízel üzemanyag.
- földrajzi – Magyarország.

### 2.1. A VILLAMOSENERGIA PIAC JELLEMZÉSE

#### *2.1.1. Villamosenergia termelés és felhasználás Magyarországon*

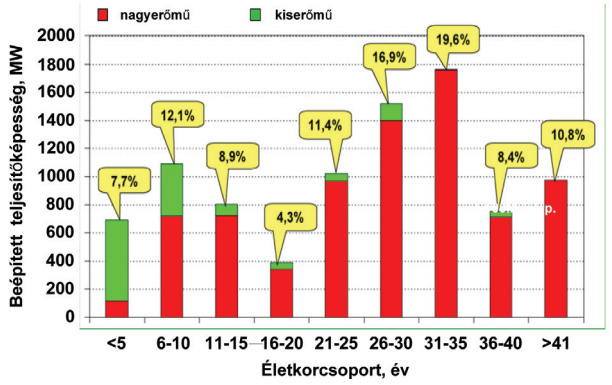



*17. ábra: Nagy erőművek beépített villamos teljesítménye Magyarországon 2010. elején*



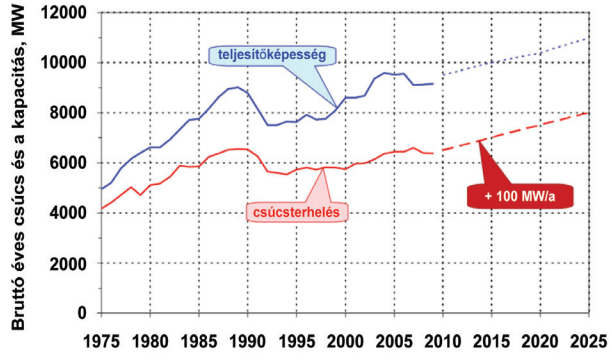

*18. ábra: Kis erőművek beépített villamos teljesítménye Magyarországon (<50 MW) 2010. elején*

2010 elejére a magyarországi erőművek beépített villamos teljesítménye 8.893 MW tett ki, emellett a nagy erőművek teljesítménye 7.567 MW, a kicsiké (< 50 MW) – 1.326 MW. Hosszúlejáratú távlatokban 2025-ig tervezik a magyarországi összes erőmű beépített villamos teljesítménye 11.000 MW-ra tervezik növelni. Megállapítható, hogy a Magyarországon meglévő erőmű park már jelentős ideje üzemel. (19. ábra).



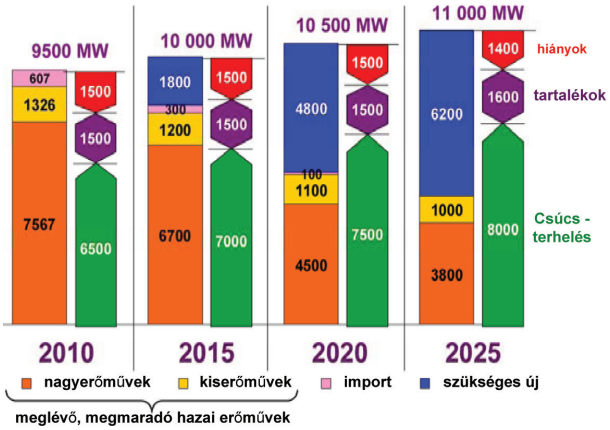

*19. ábra: A magyarországi erőművek életkora 2010-ben*

Az ETV-REŐTERV Zrt. információja szerint 2010-ben a nagy erőművek üzemelési ideje elérte a 24,9 évet, a kicsik – 10,3 évet, emellett a magyarországi erőművek üzemelési ideje átlagosan 22,8 évet tett ki. Ezzel kapcsolatban, hogy biztosítva legyen a magyarországi energetikai rendszer zavarmentes működése, rövidlejáratú és középlejáratú távlatokban több mint háromezer



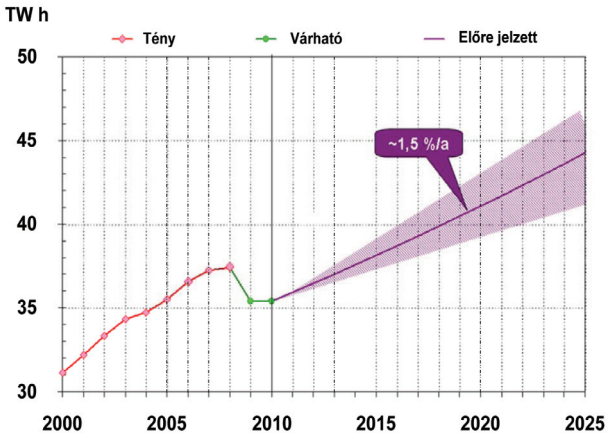

*20. ábra: Erőművek éves csúcsterhelése és teljesítménye*

megawatt új teljesítményt kell létrehozni. Ez lehetővé teszi Magyarországon a villamosenergia növekedő felhasználásának biztosítását. A MAVIR Zrt. adatai szerint a villamosenergia igény csúcsüzemelés esetén 100 MW-al növekszik, és 2025-re eléri a 8000 MW-ot (20. ábra). Ahogy a 21. ábrán is látható, ahhoz, hogy elérjük ezeket a mutatókat és biztosítsuk Magyarországon az energetikai rendszer biztonságos fejlődését (a erőművek terv szerinti beépített villamos teljesítménye 11000 MW), 2025-re új 6200 MW beépített villamos teljesítményű erőművek felépítésére van szükség, **ami a jelen Projekt aktualitását alátámasztja.**




*21. ábra: A magyarországi energetikai rendszer igényelt teljesítmény volumene*

Az Európai Unió országaiban és ennek megfelelően Magyarországon is a válság miatt bekövetkezett gazdasági hanyatlás rányomta bélyegét a villamosenergia felhasználásra is. Erősen csökkent a villamosenergia felhasználás Magyarországon (22. ábra). Ez a csökkenés,




*22. ábra: Villamosenergia felhasználás Magyarországon a múltban és távlati prognózisa*

mint tény tekintendő (válság történt , de feltételezhető, hogy a felhasználás csökkenése 2010-ben megáll és az elkövetkezendő 15 évben elkezdődik az évi átlagos 1,5% növekedés (MAVIR Zrt. 2009 évi prognózisa). Jelenleg ez a prognózis igazolt.

### *2.1.2. A villamosenergia kereslet és kínálat elemzése Magyarországon*

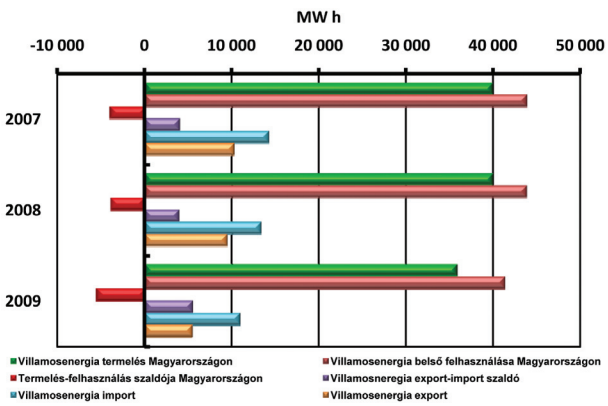
Magyarországon az villamosenergia piac liberalizációja 2003-ban kezdődött. 2007 végéig a magyarországi villamosenergia piac különös jellemzője volt a hibridmodell, melynek során a közszolgáltatások szegmense és a szabadpiac együtt léteztek. 2008. január 1-től ezt a hibrid modellt felváltotta a szabadpiaci modell, melynek feltételei között a fogyasztók és a kereskedők vásárolhatnak, a termelők pedig eladhatnak szabad áron villamosenergiát. (lásd: http://www.eh.gov.hu). Ez volt a befejező szakasza a villamosenergia piac megnyitásának.

Magyarországon a villamosenergia szabad piacának létrejötte utolsó szakasza volt, a 2010. július 20-án megnyitott a magyar áramtőzsde HUPX Zrt. A villamosenergia egy ilyen jellegű piacának megléte lehetővé tette átlátható, referencia árak kialakítását a vásárlók részére, ezúttal konkurenciahatást keltve. Mindazonáltal önmagában a villamosenergia piac nem képes biztosítani a kereslet és kínálat meglétét.

Ugyanakkor a kereslet kínálatról kapott gyakorlati információ lehetővé teszi, hogy villamosenergia eladásról és vásárlásról operatív döntéseket hozzanak, s ezzel aktivizálják a villamosenergia piacot.

Áramtőzsde hiányában a nagy és közepes termelők részére problémát jelentett a villamosenergia értékesítése, mivel nem volt hozzáférésük a villamosenergiára vonatkozó piaci árakkal kapcsolatos információhoz. A magyar áramtőzsde működésekor a villamosenergia vásárlók és értékesítők rendelkeznek napi információval az aktuális kereslet és kínálatról és ennek megfelelően az árakról, vagyis lehetővé válik számukra eladni vagy megvenni villamosenergiát, növelve ezáltal munkájuk rentabilitását és csökkentve az üzlet kockázatát. Mindez elősegíti a villamosenergia termelési rendszer decentralizációjának fejlődését.

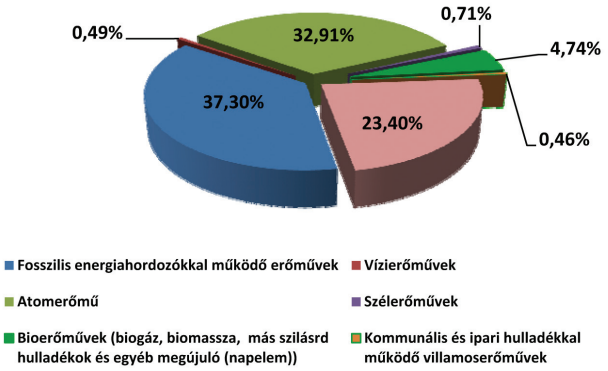
A villamosenergia kis és közepes felhasználói, a nagy felhasználókhoz képest, potenciálisan alacsony piaci aktivitással rendelkeznek, elsősorban a szabad




*23. ábra: Villamosenergia termelés és felhasználás energia-mérleg Magyarországon*

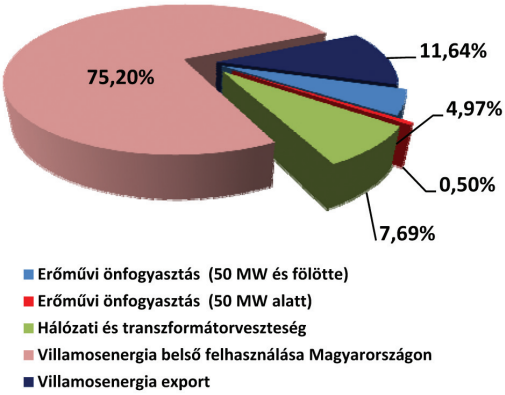
és elérhető kapacitások hiánya miatt, amelyeket megvásárolhatnának, vagyis számukra nincs elég ajánlat a piacon. Magyarországon 2007-2009 között az energiatermelés és felhasználás közötti egyensúly példáján látható, hogy folyamatos hiány mutatkozott szabad kapacitásokban – a termelés és felhasználás között a szaldó negatív, amit villamosenergia importtal kompenzáltak (23. ábra).

2009-ben Magyarországon a villamosenergia termelés 35.908 MWh-t tett ki, a felhasznált villamosenergia pedig – 41.421 MWh volt, a villamosenergia összetermelés 23,4%-a volt import (24. ábra), exportra




*24. ábra: Villamosenergia termelésének elosztása Magyarországon (2009) erőművek típusától függően*

villamosenergia össztermelés 11,64%-a került Magyarországon (25. ábra). Jelenleg a folyó tőzsdei kereskede-



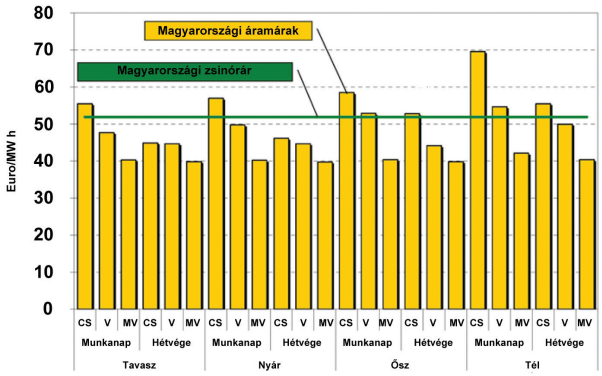

*25. ábra: Villamosenergia fogyastasának elosztása Magyarországon (2009.)*

lem a villamosenergia reális árát mutatja az országban, kiindulva a keresletből és kínálatból. A magyarországi energetikai rendszer szabad kapacitásainak koordinációja, valamint a villamosenergia termelést szolgáló erőművek számát a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító (MAVIR Zrt.) állapítja meg.

**A kereslet és kínálat aránya valamint a nagy százalékban történő villamosenergia import Magyarországon még egyszer alátámasztja az adott Projekt megvalósításának aktualitását.**

### *2.1.3. Az villamos áram árdinamikája és a villamosenergia piac fejlődési perspektívája*

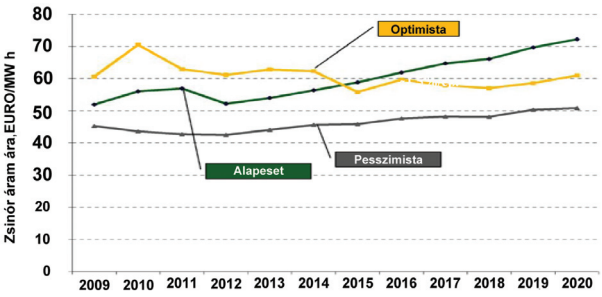
Magyarországon a 2003-ban megnyitott villamosenergia szabad piac, meghatározza a villamosenergia jelenlegi árszínvonalát az országban. Praktikusan a fogyasztók részére a villamosenergia piacon az árat az áramtőzsde határozza meg. A Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) a 2009. év példáján (26. ábra)




*26. ábra: Magyarországi egyensúlyi árak a 2009-es referenciafogyasztási időszakban alapszcenárió esetén*

mutatja be a magyarországi villamosenergia nagykereskedelmi egyensúlyi árak szezonális változásait, összehasonlítva a zsinór áram árral.

A 27. ábrán kerül bemutatásra a prognosztizált áralakulás dinamikája 2020-ig Magyarországon. A Re-



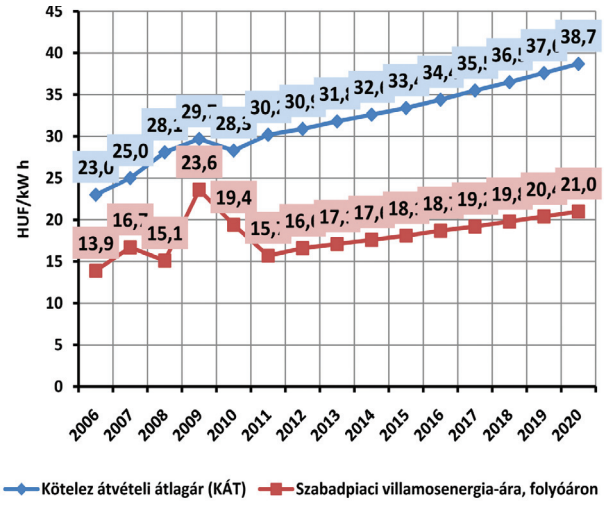

*27. ábra: A magyarországi zsinóráram ára 2009-2020 között, a három szcenárió esetében*

gionális Energiagazdasági Kutatóközpont szerint a legreálisabbnak tartott alapszcenárió esetében a magyarországi éves reál zsinórár a 2020-ra felmegy 72 €/MWh-ra. Ilyen módon a villamosenergia és a földgáz előre jelzett árát figyelembevéve jelenleg és a közeli jövőben, a földgázzal működő rentábilis erőművek építése problematikus.

Ezért a magyar kormány jelentős segítséget nyújt erőművek építésében a beruházások pénzügyi támogatása, a dotációs rendszer, adókedvezmények, a megújuló energiaforrások különböző programjaiban, kedvezményes tarifák és egyéb formában. A KIOP (a Környezet- és Infrastruktúravédelem Operatív Programja) programjának megfelelően a magyar kormány 2004-2006 között dotációként elkülönített 3,3 milliárd forintot és létrehoztak 19,4 MW új kapacitást.

A megújuló energiaforrások felhasználásában való közreműködés céljából, 2011-ben Magyarországon elfogadásra került az állam villamosenergia vásárlásának kötelezettségéről szóló törvény. 2005-ben a törvény úgy változott meg, hogy a kedvezményes tarifák az infláció mértékének figyelembevételével minden évben emelkedtek. A villamos energia beszerzési árát az energiaforrások (biomassza, geotermikus, vízenergia) típusától vagy a megújuló energiaforrások felhasználási technológiájától függően állapították meg. Az energiarendszer energiahatékonyságának növelésére irányuló innovációs intézkedések az újonnan bevezetett kapacitások magas rentabilitását biztosítják és garantálják az előállított villamosenergia teljes értékesítését.

A 28. ábrán látható villamosenergia szabadpiaci árának és a kötelező átvételi átlagárnak (KÁT) előrejelzése




*28. ábra: A villamosenergia szabadpiaci árai és kötelező átvételi átlagár (KÁT) Magyarországon a 2006-2020-ra vonatkozó prognózis szerint.*

2020-ig. A 6. táblázatban láthatók azon villamosenergia beszerzési árai, amelyet kötelezően kell átvenni az alkalmazott energiaforrás típusoktól függően, a magyar kormány vonatkozó rendeleteinek megfelelően.

*6. Táblázat*

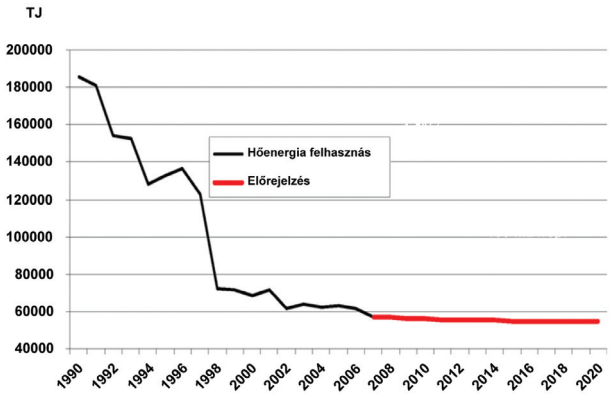
| A kötelező átvételű villamos energia átvételi árai (ÁFA nélkül), HUF/kWh | | | 2010. április 1-től /HUF | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Csúcs | Völgy | Mély völgy |
| **Megújuló energiaforrásból** nyert energiával termelt villamos **energia** | A **Hivatal 2008. 01.01. előtt** (vagy addig benyújtott kérelemre) hozott határozata alapján termelt (kivéve 5 MW-nál nagyobb teljesítményű vízerőmű) ***[KÁT rendelet. 4. § (1) bekezdés]*** | **Nap- és szél**erőműben termelt ***[KÁT rendelet 1. számú melléklet 1. b) pont]*** | **29,28** | **29,28** | **29,28** |
| | | **Nem nap- és szél**erőműben termelt ***[KÁT rendelet 1. számú melléklet 1. a) pont]*** | **32,71** | **29,28** | **11,95** |
| | A **Hivatal 2008. 01.01. után** hozott határozata alapján termelt (kivéve: 5 MW-nál nagyobb teljesítményű vízerőmű, 50 MWnál nagyobb teljesítményű egyéb erőmű) ***[KÁT rendelet 4. § (2)-(3), (6) bekezdés]*** | **Naperőműben termelt** ***[KÁT rendelet 1. számú melléklet 2. b) pont]*** | **28,72** | **28,72** | **28,72** |
| | | **20 MW vagy annál kisebb teljesítményű erőműben (kivéve: naperőmű) vagy 5 MW vagy annál kisebb teljesítményű vízerőműben** termelt ***[KÁT rendelet 1. számú melléklet 2. a) pont]*** | **32,10** | **28,72** | **11,72** |
| | | **20 MW-nál nagyobb**, de **legfeljebb 50 MW-os** teljesítményű erőműben termelt (kivéve: szélerőmű 2008. nov. 30-tól, naperőmű) ***[KÁT rendelet 1. számú melléklet 3. a) pont]*** | **25,67** | **22,98** | **9,37** |
| | | **20 MW-nál nagyobb**, de **legfeljebb 50 MW-os** teljesítményű szélerőműben 2008. nov. 30-tól termelt ***[KÁT rendelet 1. számú melléklet 3. b) pont]*** | **32,10** | **28,72** | **11,72** |
| | | **Használt berendezést is** tartalmazó erőműben termelt ***[KÁT rendelet. 1. számú melléklet 4. pont]*** | **19,96** | **12,77** | **12,77** |
| | **5 MW-nál nagyobb teljesítményű víz**erőműben, **50 MW-nál nagyobb teljesítményű egyéb** erőműben termelt ***[KÁT rendelet 4. § (4) bekezdés; 1. számú melléklet 4. pont]*** | | **19,96** | **12,77** | **12,77** |
| **Hulladékból** nyert energiával termelt villamos energia | ***[KÁT rendelet. 4. § (5) bekezdés; 1. számú melléklet 5. pont]*** | | **30,11** | **20,74** | **10,83** |

## 2.2. A HŐENERGIA PIAC JELLEMZÉSE

Magyarországon központosított hőellátási piac és decentralizált hőpiac létezik.

A központosított hőellátási piac 220 rendszernek biztosít központosított hőellátást 93 lakott településen. Ezek a rendszerek az egész ország területén 650000 lakást látnak el hővel, ami az összes lakások 16%-át teszi ki Magyarországon. A központosított hőellátási rendszer közel 39 PJ/év termel, ugyanakkor, amikor az egyéni és kisméretű hőellátási rendszerek a decentralizált piacot látják el – 291 Pj/év (Forrás – Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére, 2008-2020).

A területi hőellátási vállalatok többsége a helyi önkormányzat tulajdonát képezik, egyes területeken pedig a központosított hőellátási rendszerek magántulajdonban vannak. Ezen kívül magán cégek koncessziós szerződések alapján üzemeltetik a központosított hőellátási rendszereket.




*29. ábra: Távhő, TJ 1990–2010*

### *2.2.1. Hőenergia termelés és fogyasztás*

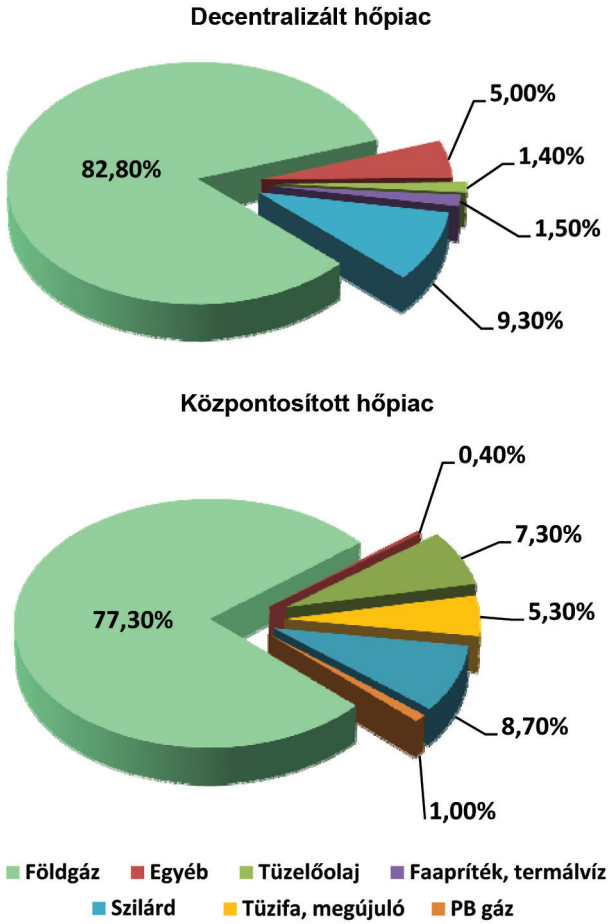
Energiatakarékos és energiahatékony technológiák fejlesztése következtében, valamint a válság eredményképpen kialakult gazdasági folyamatok miatt csökke-

nő termelési volumen következtében Magyarországon csökken a hőenergia termelése és felhasználása.

A „Széchenyi" terv és az Energiatakarékos Nemzeti Program feltételezi a hőenergia felhasználás átlagos évi megtakarítását, átlagosan 1,833 Pj/év mértékben. Ez a megközelítés távoli perspektívában lehetővé teszi 2020-ra a 36,66 Pj/év elérését (29.ábra).

A központosított hőellátási szolgáltatások értékét az önkormányzati tanácsok speciális rendeletben határozzák meg. A szolgáltatásokra vonatkozó ilyen ármeghatározás megközelítés ellenére, a különböző lakott településeken az árak jelentősen különböznek egymástól. Átlagos, közepes lakásméretből kiindulva a központosított hőellátásért fizetendő éves díj 80% és 120% változik a hőellátási szolgáltatás átlagos árához képest Magyarországon.

A hőellátásban a földgáz fűtőanyagként kulcsszerepet játszik (75-85%), ami a hőért fizetett tarifákban erősen megmutatkozik (30. ábra), és amelyek folyamatosan




*30. ábra: A decentralizált hőpiac (főzés nélkül) és a központosított hőpiac diagram fűtőanyagforrásainak struktúrája 2005.*

növekednek a földgáz árának növekedése miatt. Az áremelkedések ténye lehetővé teszi a hőenergia piac növekedését, értékben kifejezve 50%-110%-kal.

## 2.3. A BAZALTSZERŰ SALAK PIAC JELLEMZÉSE

A salak – sokkomponensű nemfémes olvadék, kőkeményítő – vagy üvegszerű anyag – változó összetételű ötvözetű oxid. A salakok jelentős mennyisége a kohászati iparban keletkezik – az érc visszanyerés és belőle meddőkőzet, kokszhamu és salakképző anyag kinyerési eljárásban, azok karbonát kőzetekkel való vegyi kölcsönhatása mellett.

A salak felhasználási területei:

- a vaskohászatban keletkezett salakot – az útépítésben az aszfaltbeton és beton töltőanyagaként, a mezőgazdaságban a talaj dezoxidációjára, valamint vastartalmú anyagként kohászati kemencékben való másodlagos olvasztásra (acélöntödei salak).
- színes fémkohászatban keletkezett salak – kismennyiségben, a cementtermelésben, ásványgyapot és öntött termékek előállításánál.

### *2.3.1. A bazaltszerű salak termelése és felhasználása*

Magyarországon 2008-ban a kohászati salak összes termelése közel 10,1 millió $m^3$-t tett ki. A legfőbb felhasználók az útépítő és cementgyártó vállaltok voltak. Így Magyarországon az M35 és M6 autópályák építésekor közel 750 ezer tonna kohászati salakot használtak fel.

A kohászati salak legfőbb előállítói Magyarországon a következő városokban levő vállalatok:

| Város | 2008 |
|---|---|
| Ózd | 4,6 mill. $m^3$ |
| Miskolc | 1,0 mill. $m^3$ |
| Dunaújváros | 4,5 mill. $m^3$ |

A piaci résztvevők árajánlatai a 7. táblázatban láthatók:

*7. táblázat: A piaci résztvevők árajánlatai*

| Vállalat | Termék | Ár HUF/t |
|---|---|---|
| Dunaferr Ferromark Kft | Kohászati salak 0-5 | 1400 (ÁFA nélkül) |
| | Kohászati salak 0-20 | 1350 (ÁFA nélkül) |
| Dunaferr Ferromark Kft | Kohászati salak 0-56 | 1450 (ÁFA nélkül) |
| | Kohászati salak 20-80 | 1250 (ÁFA nélkül) |
| | Útépítéshez használt zúzottkő fr. 20-80 mm | 1350 (ÁFA nélkül) |
| | Útépítéshez használt zúzottkő fr. 11-22 mm | 4050 (ÁFA nélkül) |
| | Útépítéshez használt zúzottkő fr. 0-30 mm | 3050(ÁFA nélkül) |
| | Útépítéshez használt zúzottkő fr. 0-22 mm | 3300 (ÁFA nélkül) |
| | Útépítéshez használt zúzalék salak fr. 0-80 mm | 1350 (ÁFA nélkül) |

A salak átlagára 2.060 Ft/tonna, mely a szállítási költséget nem tartalmazza.

A bazaltszerű salak, mely a Komplexumban kerül legyártásra, vegyi összetételét tekintve lényegesen különbözik a magyarországi piacon ajánlott kohászati salaktól. A bazaltszerű salak vegyi összetétele a 8. táblázatban van feltüntetve. A Komplexumban gyártott salak vegyi komponenseinek összetétele, vegyi komponenseit tekintve közel áll a bányászati termék, gabbro-bazalt csoport, ami lehetővé teszi jó minőségű szigetelő anyagok (hőszigetelő lemezek) bazaltszerű salakból történő előállítását.

*8. táblázat*

| Vegyi összetevők | Vegyi összetevő tartalom,% | |
|---|---|---|
| | Bányászati termék, gabbro-bazalt csoport | Hulladékból plazmával feldolgozott salak |
| $SiO_2$ | 39,0-51,0 | 35,0-56,0 |
| $Al_2O_3$ | 10,0-19,0 | 18,8-27,9 |
| $Fe_2O_3$ | 10,0-18,0 | 1,5-8,5 |
| CaO | 8,0-13,0 | 2,1-8,7 |
| MgO | 4,0-12,0 | 1,2-2,9 |
| $Na_2O$ | összesen 2,0-5,0 | 2,6-11,1 |
| $K_2O$ | | 0,6-2,1 |
| $SO_3$ | - | - |

Magyarország hőszigetelő anyagok tekintetében rendkívül perspektivikus piac, mivel energiatakarékossági feladatokat old meg 176/2000. (IV.30.) Korm. rendelet és 2010/31/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv.

*9. táblázat*

| Vállalat | Termék | Ár, HUF/т |
|---|---|---|
| METALLO-GLOBUS Fém és Építőtermék Kereskedelmi Kft. | NOBASIL MPN (M30), 30 kg/m³, λ=0.039 | 215 000 (ÁFA nélkül) |
| | NOBASIL MPE (M40), 40 kg /m³, λ=0.037 | 300 000 (ÁFA nélkül) |
| | NOBASIL FKD-S (TF), 140 kg /m³, λ=0.036 | 747 000 (ÁFA nélkül) |
| | NOBASIL PTN (PP 90), 100 kg /m³,λ=0.036 | 867 000 (ÁFA nélkül) |
| Rockwool Hungary Kft. | MULTIROCK, 28 kg /m³, λ=0.039 | 422 000 (ÁFA nélkül) |
| | DELTAROCK PLUS, 35 kg/m³, λ=0.037 | 384 000 (ÁFA nélkül) |

A 9. táblázatban kerültek feltüntetésre a magyarországi hőszigetelő anyagok piacán vezető pozícióban levő vállalatok kiskereskedelmi értékesítési árai.

A hőszigetelő anyagok átlagos nagykereskedelmi ára 272.000 HUF/tonna.

## 2.4. A HULLADÉKKEZELÉS SZOLGÁLTATÓI PIACÁNAK JELLEMZÉSE

Magyarországon a hulladékkezelés alapelvei a Nemzeti Terv hulladékkezelés fejezetében 2003-2008-ra vonatkozóan (ONT-I) és a Nemzeti Terv hulladékkezelési részében 2009-2014-re kerültek rögzítésre (ONT-II).

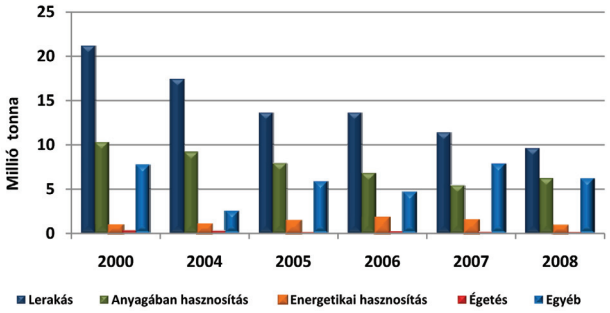
Az ONT-I abban különbözik az ONT-II-től, hogy a hulladék kezelésének stratégiai elvei és a hosszúlejáratú célok bekerültek a szociális és gazdasági prioritásokba a hulladék teljes körű ökológiai problematikájának területébe (az EU által követelt irányelvek). Ezeknek az elveknek és prioritásoknak megfelelően körvonalazódik hulladék irányítás terve, és megszervezésre került a hulladék kezelési szolgáltatói piac, melynek alapját képezik az ökológiailag biztonságosabb megoldások.

A hulladék kezelésének szolgáltatói piacára jellemző:

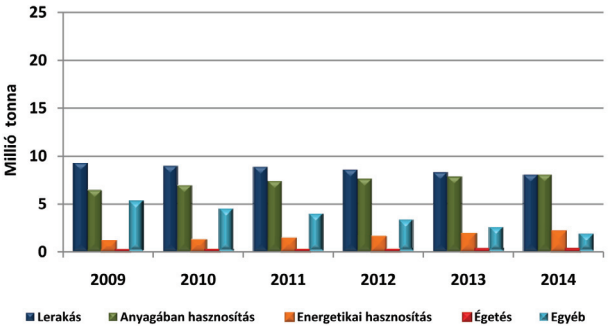
- magas aktivitás a hulladék lerakás szférájában;
- a hulladék jelentős részét hasznosításnak vagy másodlagos feldolgozásnak vetik alá;
- a hulladékból történő energia visszanyerés alacsony aktivitása.

### *2.4.1. Hulladékkezelésére vonatkozó szolgáltatások piacának állapota és fejlesztésének prognózisa*

A hulladékkezelési szolgáltatások fejlődése 2004-2010 időszakban és a 2014-ig szóló középtávú prognózis azt mutatja, hogy a lerakásra kerülő volumen 2004-ben közel 17,42 millió tonnáról a 2014-re vonatkozó prognózis szerint 8 millió tonnára csökken, emellett az energia megújításra fordítandó hulladék volumenének ez alatt az időszak alatt 10-szeresére kell növekednie (31, 32. ábrák).

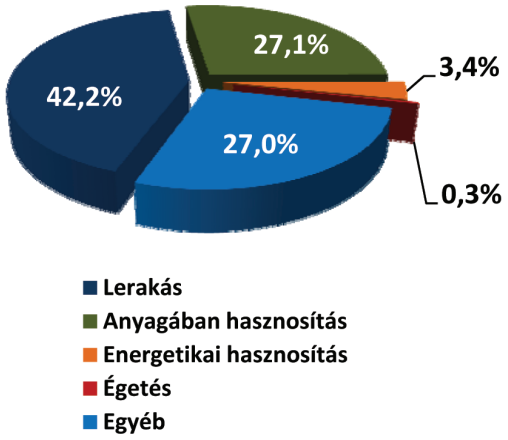



*31. ábra: A hulladékkezelés fejlődése 2000-2007 időszakra (szennyvíziszap nélkül)*

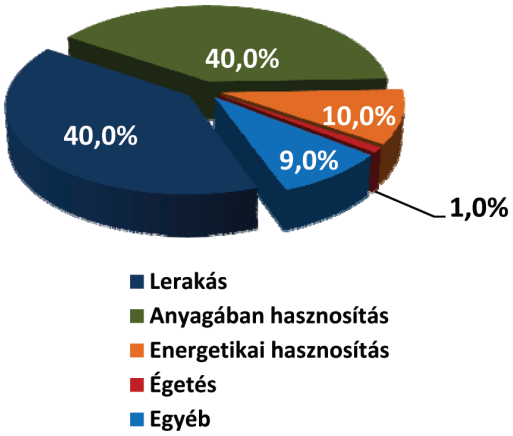



*32. ábra: A hulladékkezelés fejlődése és előrejelzése 2009-2014 időszakra (szennyvíziszap nélkül)*

A hulladékkezelésre vonatkozó szolgáltatások piacának elemzése azt mutatja, hogy az évente Magyarországon keletkező hulladék alapvető mennyiségének 40-42% lerakásra kerül. (33, 34. ábrák), emellett megfigyelhető



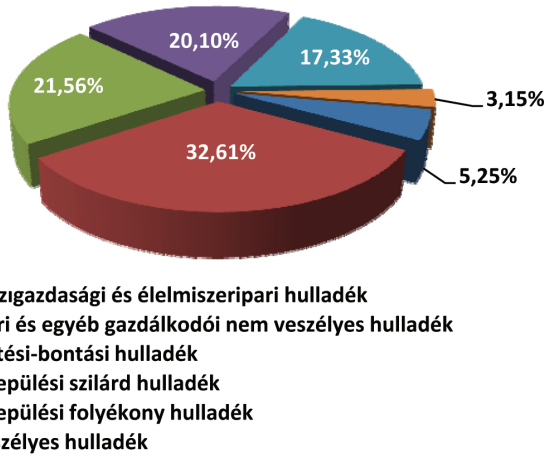

*33. ábra: A hulladékkezelés struktúrája 2008-ban (szennyvíziszap nélkül)*




*34. ábra: A hulladékkezelés struktúrája 2014-ben (prognózis szennyvíziszap nélkül)*

a hulladék volumenének folyamatos növekedése, amely vagy újrahasznosításra vagy, másodlagos felhasználásra kerül. 2008-ban – 27,1%, 2010-ben -32% a 2014-re vonatkozó prognózis szerint – 40%.

Magyarországon évente több, mint 20 millió tonna hulladék keletkezik, emellett a hulladék 42%-a lerakásra kerül (10. táblázat, 35. ábra, forrás KvVM, KSH). A hulla-




*35. ábra A hulladék összetétele Magyarországon 2008-ban (szennyvíziszap nélkül).*

dék lerakása változatlanul a legolcsóbb és a legszélesebb körben alkalmazott módszer a hulladékkezelésben, különösen a városi hulladék esetében, melynek lerakási mennyisége közel 75%-ot tesz ki a teljes városi hulladék volumenéből. A hulladékkezelés úgy tűnik ilyen olcsó módszere a későbbiekben bizonyos pótlólagos költségeket, és nehézségeket von maga után. Így 2009-ben a hulladéktárolók bezárása után ahol az ökológiai normákat nem tartották be, számtalan lakott település és hulladéktároló közötti távolság 60 km-re nőtt, ami jelentős hatást gyakorolt a hulladékszállítás önköltségére és ennek megfelelően a hulladékhasznosítás összköltségére is.

A zárt tárolók újranyitása és további szakszerű gondozása több tíz évre meghatározza a környezetvédelmi feladatokat. Mind ez maga után vonja a zárt földalatti hulladéktárolók kiszolgálására fordítandó állami költségek növekedését. Ezen kívül, Magyarországon hiány van földalatti hulladéktárolókból. **Ezzel kapcsolatban a je-**

*10. táblázat*

| 2008 | Összes képzıdött hulladék (ezer t) | Égetés | | Lerakás | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ezer t | % | ezer t | % |
| Mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék | 1 188 | 1 | 0,08% | 7 | 0,59% |
| Ipari és egyéb gazdálkodói nem veszélyes hulladék | 7 386 | 5 | 1,00% | 3349 | 45,34% |
| Építési-bontási hulladék | 4 882 | 0 | 0,00% | 2650 | 54,28% |
| Települési szilárd hulladék | 4 552 | 0 | 0,00% | 3341 | 73,40% |
| Települési folyékony hulladék | 3 925 | 0 | 0,00% | 0 | 0,00% |
| Veszélyes hulladék | 714 | 60 | 8,40% | 216 | 30,25% |
| **Összesen** | **22 647** | **66** | **0,29%** | **9563** | **42,23%** |

**lenlegi PROJEKT-ben foglalt magas hőmérsékletű plazma hulladékfeldolgozási technológia aktuális kérdés Magyarország számára.**

### *2.4.2. Hulladék elhelyezésének, lerakásának és ártalmatlanításának költsége*

A termelési és felhasználási hulladékkezeléssel kapcsolatos szolgáltatások költsége függ a hulladék fajtájától és az 1.800 Ft-tól a 360.000 Ft-ig terjedő sávban ingadozik. A 36. ábrán láthatók a hulladék lerakásához és a hulladékhasznosításhoz kapcsolódó szolgáltatások magyarországi árai.

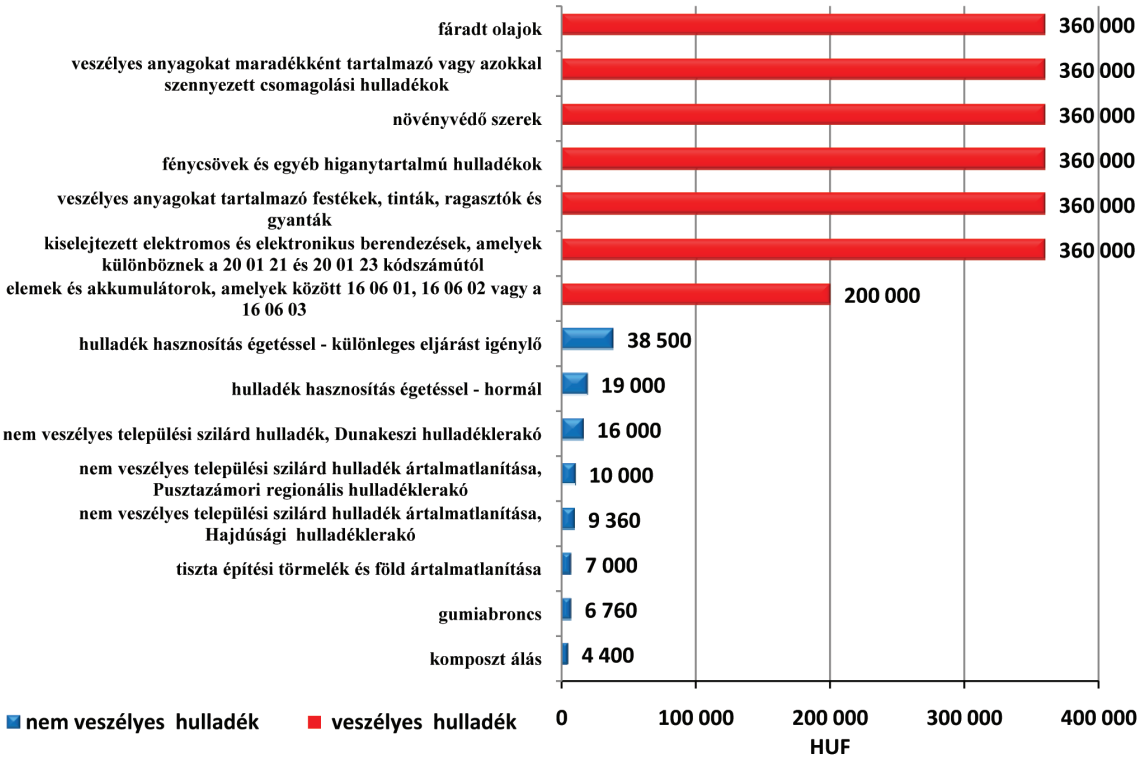
A legveszélyesebb osztályba sorolhatók, és jelentős költséggel jár az olajtermékeket tartalmazó, hulladékok elhelyezése és lerakása, ezen belül a fáradt olaj, olajszennyezett hulladék, szűrőanyagok, valamint az egészségügyi hulladékok. Az ilyen fajta hulladékok magas kalóriatartalommal rendelkeznek. Ezzel kapcsolatban, a hulladékkezelés piacán az ilyen hulladékok részesülnek a legnagyobb előnyben.

## 2.5. PROJEKT SZERINT ELŐÁLLÍTOTT TERMÉKEK ELADÁSI MODELLJE ÉS HATÉKONY ÉRTÉKESÍTÉSI POLITIKÁJA

### *2.5.1. A termékajánlatok optimális paraméterei a piaci feltételek, szerződő felek sajátosságainak figyelembevételével*

Mivel a Projektcég éppen csak megjelenik a Projektben feltüntetett termékek piacán, vagyis új játékos az adott piacokon, így a termékajánlatok elkészítésénél tájékozódni kell a már meglévő ajánlatokról, melyek korábban a piaci konkurencia hatására kerültek elkészítésre. A Projektben foglalt teljes termékskála az ipari termékek / szolgáltatások piacán kerül értékesítésre. A felhasználói piac legvonzóbb termékajánlatai:

- Kiváló minőségű termék (a minőséget megfelelő minőségi tanúsítványokkal támasztják alá);
- Termék, melyhez kiegészítő szolgáltatások és szervizelés kapcsolódik. Ilyenek lehetnek a szállítás megszervezése és logisztikai szolgáltatások.




*36. ábra: Ártalmatlanításra és feldolgozásra szánt hulladék átvételi árai Magyarországon*

*11. táblázat: A projektben előirányzott termékek termékajánlatainak paraméterei*

| Céltermékek | Termék márka (típus, fajta) | Csomagolás | Szervizelés | Szállítás |
|---|---|---|---|---|
| **Villamosenergia** | A MEH által kiadott származási bizonyítványnak megfelelően | - | - | Szállítási pont – a hálózathoz való csatlakozási feltételeknek megfelelően. |
| **Hőenergia** | A szállítási feltételeknek megfelelően | - | - | A szállítási megállapodás szerinti csatlakozási feltételeknek megfelelően |
| **Granulált salak** | EU szabvány | Ömlesztve vagy zsákokban | - | Kiegészítő szolgáltatásként |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Hőszigetelő anyagok** | EU szabványok | | | Kiegészítő szolgáltatásként |
| **Biodízel üzemanyag** | EU szabvány | - | - | Kiegészítő szolgáltatásként |
| **Hulladékhasznosítás (szolgáltatás)** | - | - | A hulladék felhasználására történő átvételét igazoló okmány bemutatása | Kiegészítő szolgáltatásként |

*12. táblázat: A felhasználókkal elért megállapodások feltételei (kereskedelmi ajánlatok összeállítására és szerződés tervezetek)*

| Termékek | Ár *, euró/egys. ÁFA nélkül | Szállítási mennyiség | Fizetési feltételek | Szervízelés | Garancia feltételek |
|---|---|---|---|---|---|
| **Villamosenergia** | Tarifa 1[3]- 0,11 euró/ kWh<br>Tarifa 2[4]- 0,08 euró/ kWh<br>Tarifa 3[5]- 0,04 euró/ kW h | 10,99 MW | 389/2007. (XII. 23) Korm. rendelet és 91/2007. (XI. 20.) GKM rendelet | | |
| **Hőenergia** | 38 euró/ Gcal | 2000 Gcal (szezonálisan melegviz szolgált.-ra) | 60 napos fizetési haladékkal | - | Mennyiségi és minőségi (hőmérséklet, nyomás, gőzfelhasználás) |
| **Granulált salak** | 15 euró/tonna | A felhasználóval történt egyeztetés szerint | A nagy állandó felhasználók részére lehetséges 60 napos fizetési haladék | Nincs | Minőségi és mennyiségi |
| **Hőszigetelő anyagok** | 850 euró/tonna | A felhasználóval történt egyeztetés szerint | A nagy állandó felhasználók részére lehetséges 60 napos fizetési haladék | Nincs | Minőségi és mennyiségi |
| **Hulladékhasznosítás, ezen belül** | A hulladék fajtájától függően | Szállítási feltételeknek megfelelőn | 60 napos fizetési haladék lehetséges | A hulladék felhasználásra történt átvételét igazoló okmány bemutatása | - |
| Gumiabroncs | 25 euró/tonna | 21,00 tonna/nap | | | |
| Veszélyes hulladékok: printerek és fénymásolók tintapatronjai | 126 euró/tonna | 20,00 tonna/nap | | | |
| Műanyag papírral és neylon | 25 euró/tonna | 40,00 tonna/nap | | | |

* Az ár a 2011 évi projekt elszámolási modelljében került feltüntetésre

[3] Csúcsidőszak
[4] Völgyidőszak
[5] Mélyvölgy időszak

*13. táblázat: Megcélzott felhasználói kör*

| Termék/szolgáltatás | A felhasználás típusa | Potenciális felhasználói vállalatok |
|---|---|---|
| **Villamosenergia** | Magyarország energetikai rendszerének rendszergazdája | MAVIR Zrt. |
| **Hőenergia** | "JURA" Ipari Park | Algyő Park Kft. |
| **Granulált salak** | Útépítő vállalatok | Algyő Park Kft. |
| **Hőszigetelő anyagok** | Építőanyagokat értékesítő üzletlánc | Ver-Bau Építőipari és Szolgáltató Kft. |
| **Hulladékhasznosítás** | Hulladékfuvarozóval, a megállapodásban kikötött 10 évre szóló érvényességgel | Innovum Kft. |

### *2.5.2. Versenyképes árajánlatok kialakításának megközelítése*

A Komplexumban gyártott termékek versenyképes árajánlatainak kialakításakor célszerű:

- villamosenergia esetében – a szegedi régióban meglévő átlagárakhoz, valamint a 389/2007. (XII. 23) Korm. rendelet;
- hőenergia esetében – a magyarországi ipari park régiójában meglévő átlagárakhoz igazodni;
- granulált salaknál – a magyarországi átlagárakhoz igazodni;
- hőszigetelő anyagoknál – a magyarországi adott áruosztály átlagáraihoz igazodni;
- hulladékfeldolgozási szolgáltatásoknál – a magyarországi ágazati átlagárakhoz igazodni.

*14. táblázat: A terv célzott termékeinek árajánlati modellje*

| Céltermékek | Javasolt ár ÁFA nélkül * | Lehetséges felárak | Lehetséges engedmények |
|---|---|---|---|
| **Villamos-energia** | Tarifa 1[6]- 0,11 euró/kW h<br>Tarifa 2[7]- 0,08 euró/kW h<br>Tarifa 3[8]- 0,04 euró/kW h | Nincs előirányozva | Nincs előirányozva |
| **Hőenergia** | 38 euró/ Gcal | Nincs előirányozva | Nincs előirányozva |
| **Granulált salak** | 15 euró/ tonna | Nincs előirányozva | Nincs előirányozva |
| **Hőszigetelő anyagok** | 850 euró/ tonna | Nincs előirányozva | Nincs előirányozva |
| **Hulladék-hasznosítás, ezen belü** | 30,82 euró/ tonna – egyensúlyi árak | Késedelmes fizetés esetén | Nagy mennyiség esetén mennyiségi rabat |
| Gumiabroncs | 25 euró/ tonna | | |
| Veszélyes hulladékok: printerek és fénymásolók tintapatronjai | 126 euró/ tonna | | |
| Műanyag papírral és neylon | 25 euró/ tonna | | |

* Ajánlati árként a 2011 évi projekt elszámolási modelljében került feltüntetett ár szerepel

### *2.5.3. Termékek értékesítési csatornái, optimális struktúra*

A magyarországi törvényhozás alapján történik az értékesítési csatornák struktúrájának kiválasztása, a vevők jellemzése, a közvetlen és közvetett értékesítés megszervezésében érdekelt vállalatok lehetőségeinek felmérése, valamint az általuk történő termékek jellemzése. Ebből kiindulva, a különböző termékeknél célszerű különböző értékesítő csatorna struktúrát alkalmazni.

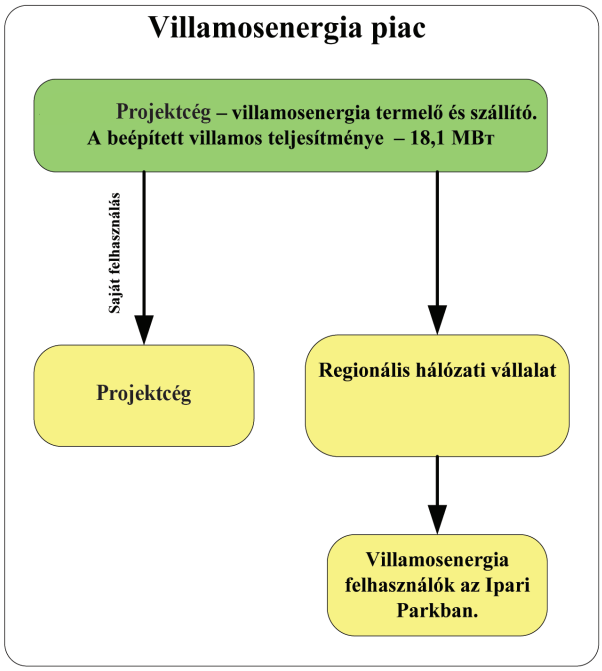
**Villamosenergia**

A hulladékból vagy újrahasznosított energiaforrásokból termelt villamosenergia vásárló, a 389/2007, (XII.23) sz. Kormányrendeletnek megfelelően, a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság - a MAVIR Zrt.

E határozatnak megfelelően a Projektcég, mint a villamosenergia termelője garantáltan értékesíti a villamosenergiát a Magyar Energia Hivatallal (MEH) egyeztetett mennyiségben. A villamosenergia garantált mennyiségének értékesítését meghatározza a Magyar Energia Hivatal által kiadott származási bizonyítvány, melyben feltüntetésre kerül az adott naptári évben hulladékból vagy újrahasznosított energiaforrásokból termelt villamosenergia mennyisége (MWh-ban kifejezve) (389/2007, (XII.23) sz. Kormányrendelet, 2(1) cikkely d. pontja).

A 389/2007, (XII. 23.) sz. Korm. rendelet 3. sz. Mellékletében vannak felsorolva azok a szervezetek, amelyek az előállított villamosenergiát kötelezően átveszik. Az öt szervezet közül mindegyiknek meg van a saját működési területe.

A 37. ábrán látható a villamosenergia értékesítési csatornáinak struktúrája, amely garantálja a Projektcég által előállított összes villamosenergia értékesítését. A bemutatott struktúrának megfelelően piaci résztvevők együttműködésének törvényi alapjául a következő dokumentumok szolgálnak:




*37. ábra: A villamosenergia értékesítési csatornái javasolt struktúrája*

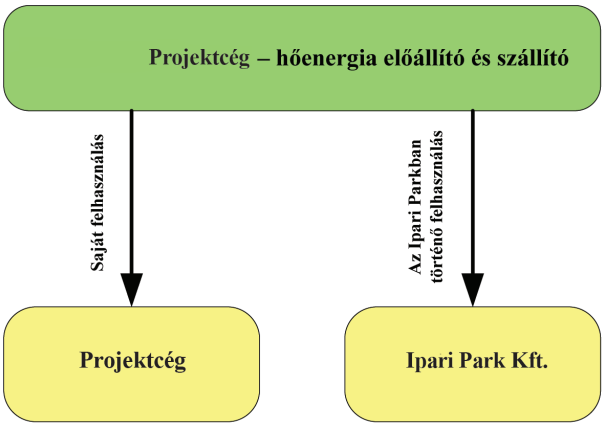
[6] Csúcsidőszak
[7] Völgyidőszak
[8] Mélyvölgy időszak

- A 2007. évi LXXXVI villamosenergia törvény.
- Az újrahasznosított energiaforrásokból és hulladékfeldolgozásból előállított villamosenergia kötelező felvásárlásáról és kötelező beszerzési áráról, valamint az ily módon előállított villamosenergiáról szóló 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet.
- A villamosenergia és a hasznos hő, mely hasznos és hatékony hőenergia termelés során keletkezik, mennyiségének számolási módszeréről szóló GMK 110/2007. (XII. 23.) Határozat.
- A Magyar Energetikai Hivatal közszolgáltatói tarifáinak mértékéről, valamint a közszolgáltatói és felügyeleti szolgáltatások tarifáinak fizetési rendjéről szóló GMK 91/2007. (XI. 20.) Határozat.

### Hőenergia

A Projektcég mint hőenergia termelő és szállító a hőenergiát a felhasználókkal közvetlenül kötött szerződések alapján értékesítheti.

Figyelembevéve a hőenergiának, mint terméknek specifikumát célszerű a Komplexum elhelyezése közvetlenül a felhasználó területén vagy annak közelében. Ez elsősorban lehetővé teszi a hőenergia veszteség elkerülését, másodsorban pedig lehetővé teszi a nagykereskedelmi piaci áraknál magasabb saját árak kialakítását. (38. ábra).

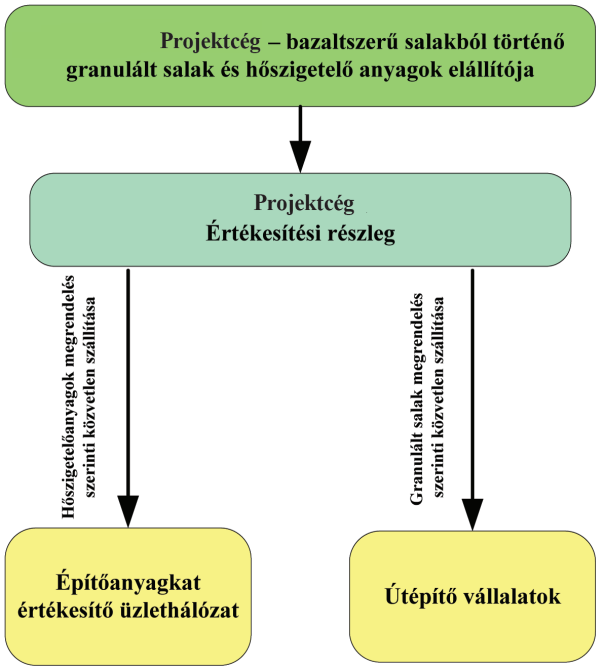



*38. ábra: A hőenergia értékesítési csatornáinak javasolt struktúrája*

### Bazaltszerű salak

A Projektcég számára bazaltszerű salakból előállított granulált salak és hőszigetelőanyagok értékesítése a felhasználók részére közvetlen szállításokkal célszerű.

A granulált salak kulcsfelhasználóivá azok a vállalatok, kell, hogy váljanak, amelyek az adott terméket építkezéseknél és útjavításoknál használják fel (például, Algyő Park Kft.), a hőszigetelő anyagok esetében pedig építőanyagok értékesítésével foglalkozó üzlethálózatok (például, Ver-Bau Építőipari és Szolgáltató Kft.)

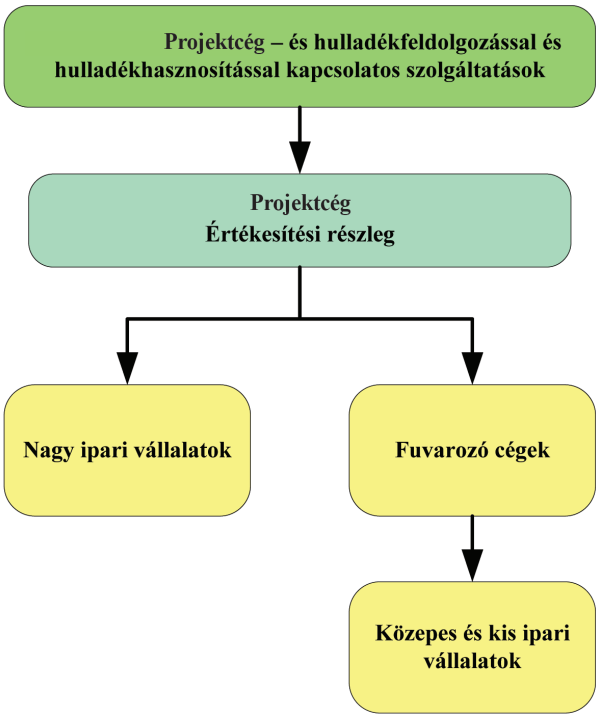



*39. ábra: Bazaltszerű salakból előállított granulált salak és hőszigetelőanyagok értékesítési csatornáinak javasolt struktúrája*

### Hulladékhasznosítás

***Az „Ipari vállalatok" körével kialakítandó együttműködés kulcskérdései.***

Az „Ipari vállalatok" pénzügyi ráfordításai (költségei) a következőket tartalmazzák:




*40. ábra: Hulladékhasznosításkor nyújtandó szolgáltatások javasolt struktúrája*

- A hulladék működési engedéllyel rendelkező ártalmatlanító objektumra való szállítási szolgáltatásáért történő fizetés (fizetés a szállítási szolgáltatásért);
- Kiindulva a ténylegesen átvett hulladékmennyiségből az ártalmatlanítási és lerakási szolgáltatásért történő fizetés.

***A „Fuvarozó cégek" körével kialakítandó együttműködés kulcskérdései***

A fuvarozó cégek a Komplexum közvetett szállítói, mivel közvetítői láncszemként lépnek fel a hulladékot képzők termelők és azon vállalat között, mely a hulladék elhelyezésével vagy feldolgozásával foglalkozik. Ezen felül a szóban forgó cégek érdekeltek lehetnek a Komplexummal való együttműködésben. A fuvarozó cégek részére a Komplexummal való együttműködés legfőbb előnyei, hogy először, csökkenthetik a szállítási költségeket (állandó útvonalak), másodszor, a gépkocsi fuvarozás folyamatos és teljes kihasználtsága révén nyújtandó engedmények megkönnyítik az ügyfélszerzést.

A fuvarozó cégekkel célszerű hosszúlejáratú megállapodásokat kötni.

### 2.6. POTENCIÁLIS VEVŐK ALAPVETŐ KÖRÉNEK A PROJEKT CÉLTERMÉKEINEK ÉRTÉKESÍTÉSÉBŐL SZÁRMAZÓ BEVÉTELÉNEK ELŐREJELZÉSE

A Komplexum termékeinek / szolgáltatásainak értékesítési mennyisége a 15. táblázatban látható.

*15. táblázat: A Komplexum termékeinek értékesített mennyisége, egy típus-ügyletév alatt*

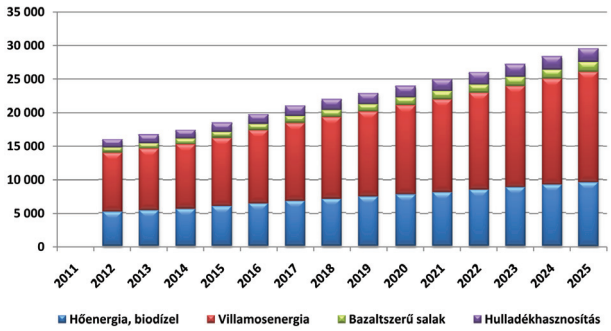
| Termék | Mennyiség euró/mértékegység |
|---|---|
| Villamosenergia | 92 270 000 kW h |
| Hőenergia | 2 000 Gkal |
| Granulált salak | 580 tonna/év |
| Hőszigetelő anyagok | 880 tonna/év |
| Hulladék újrahasznosítás | 39 200 tonna/év |

Az árszínvonal értékelése, melynek elfogadása lehetővé teszi a Komplexum által előállított termékek értékesítését, a 16. táblázatban látható.

*16. táblázat: A Komplexum termékeinek árprognózisa*

| Termék | ÁFA nélküli ár, euró/ mértékegység | Értékesítési csatorna |
|---|---|---|
| Villamosenergia | Tarifa 1[9]-0,11 euró/kW h Tarifa 2[10]- 0,08 euró/kW h Tarifa 3[11] - 0,04 euró/kW h | Egyenesen a felhasználónak (100%) |
| Hőenergia | 38 euró/ Gcal | Egyenesen a felhasználónak (100%) |
| Granulált salak | 15 euró/tonna | Egyenesen a felhasználóknak (100%) |
| Hőszigetelő anyagok | 850 euró/tonna | Egyenesen a felhasználóknak (100%) |
| Hulladékhasznosítás, ezen belül: | 30,82 euró/tonna – egyensúlyi árak | |

A termékek feltüntetett árszínvonala és az értékesítésre kerülő mennyiség alapján, egy típus-ügyletév alatt a Komplexum hozamának legnagyobb hányadát a villamos energia (közel 55%) és biodízel üzemanyag eladása (közel 30%) teszi ki, a hulladékhasznosítással kapcsolatos szolgáltatások körülbelül 8%-ot, a bazaltszerű salak összetermék pedig körülbelül 5-ot.



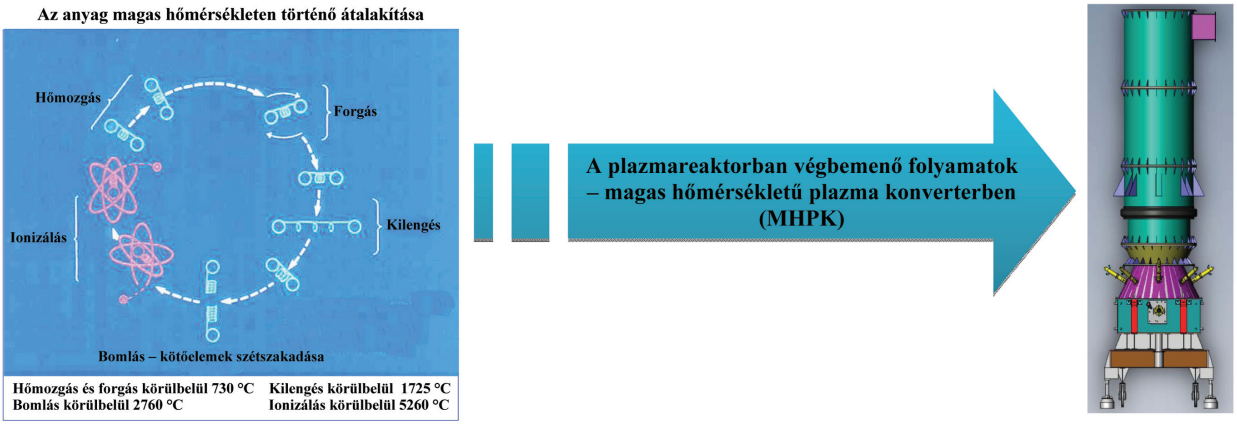

*41. ábra: A Komplexum termékeinek értékesítéséből származó árbevétel előrejelzése, ezer euróban*

## 3. A PROJEKT MEGVALÓSÍTÁSÁNAK BEFEKTETÉSI TERVE

A jelenlegi fejezetben, a Komplexumban alkalmazott anyagok magas hőmérsékletű atomizációs technológia rövid jellemzésére kerül sor, tájékoztatás a beruházás objektumairól és a Komplexum felépítéséhez, valamint felszereléséhez szükséges befektetések volumenéről.

### 3.1. A TERMELÉSI TECHNOLÓGIA RÖVID JELLEMZÉSE

A projekt alapját képezi a plazmás elgázosítás, a pirolízis és anyagolvasztási technológia, amely figyelembe veszi a pirolízis kamrában az anyag molekuláris szintig történő bontását anélkül, hogy a légtérből, levegő kerülne be, egy közepes mennyiség felhevítésével 3000 K-től 7000 K-ig, 2000 °C - ig terjedő hőmérsékletig és az olvasztási zóna nem kevesebb, mint 1500 °C hőmérsékletével. Emellett az égési folyamat kizárásra kerül, a létrejött szabad atomok és molekulák részben leülepednek és bekerülnek az olvadékba (nehéz molekulák), és részben (könnyű atomok és molekulák) gáz formájában szublimálódik. Emellett a felhasznált anyag összetételének nincs elvi jelentősége. A szükséges hőmérsékleti szint plazmatrónok segítségével érhető el, melyek ehhez az egyenáramú és a hosszantartó égésű elektromos ívet használják. A plazmaalkotó gáz, mely a hőenergia hordo-




zója, a CO2 vagy ennek kismennyiségű oxigénnel történő keveréke. A plazmareaktor első felfűtésekor plazmaalkotó gázként a levegő szolgál, melyet aztán összekevernek CO2-vel vagy ennek kismennyiségű oxigénes keverékével. A plazmatrónon belüli villamos kisülés energiája 1,5 elektronvolt, amely legalább 15 000°C hőmérsékletű elektromos ívnek felel meg. A kiáramló pirolízis gáz hőmérséklete eléri a 1450°C fokot.

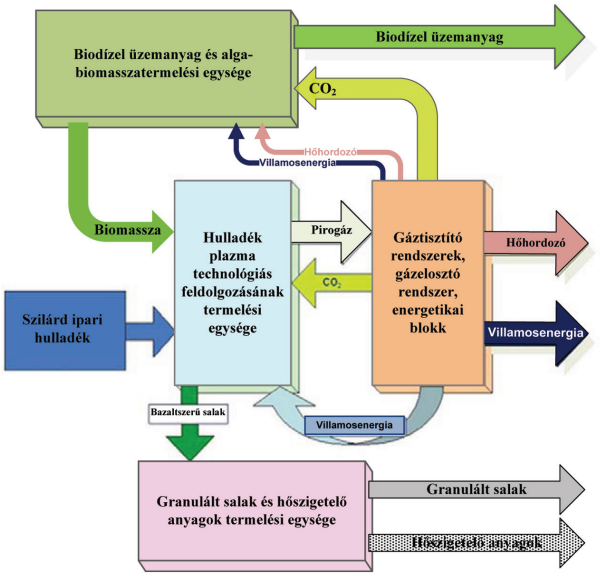
Az anyag ilyen magas hőmérsékletű átalakulásának eredményeképpen háromlépcsős ciklus valósul meg: az anyag bomlása, az anyag szerves része elgázosításának következtében a szintetizált forró gázok szublimációja, az anyag szervetlen részének olvasztása s azt követően bazaltszerű vegyileg neutrális kifolyó massza lefejtése.

A plazmás elgázosítás folyamat végén ökológiailag tiszta és építőanyagokban felhasználható bazaltszerű salak, valamint szénhidrogénnel dúsított pirolízis gáz - értékes energiatelített nyersanyag keletkezik. A porszerű hamu, mely a gáztisztító szűrőjére ülepszik a hulladékkal együtt ismét visszakerül feldolgozásra. A technológiai folyamat során nem keletkezik dioxin, furán, aeroszol, és egyéb mérgező termékek, melyek az égetési folyamatok jellemző, légtérbe kikerülő termékei.

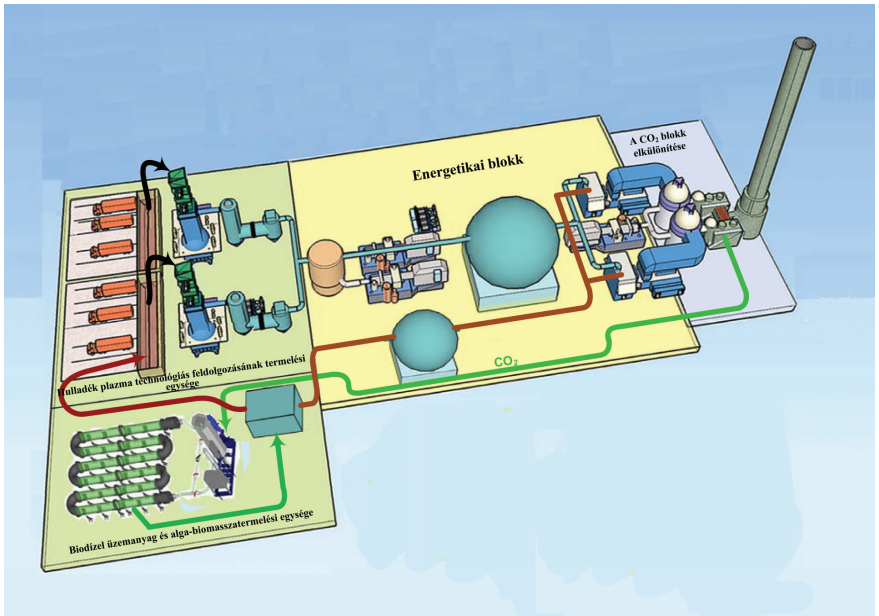
A Komplexum a hulladék és az alga-biomassza magas hőmérsékletű plazmatechnológiával történő feldolgozását a 42. folyamatábra mutatja be.

A 43. ábrán kerül bemutatásra a hulladék és biomassza magas hőmérsékletű plazmatechnológiával történő feldolgozásának eredményeképpen előállított végtermékek nagyított technológiai séma.

Ily módon a hulladék plazma technológiával történő feldolgozásának folyamata lehetővé teszi a hulladék nyersanyagként történő felhasználását villamosenergia, hőhordozó (gőz és hőellátás) és kísérő áru – bazaltszerű salak előállítása céljából, minek következtében egy zártkörű termelési-hasznosítási ciklus jön létre.




*42. ábra: A Komplexumban ipari hulladék és biomassza magas hőmérsékletű plazmatechnológiával történő feldolgozásának folyamatábrája*




*43. ábra: Hulladék és alga- biomassza magas hőmérsékletű plazmatechnológiával történő feldolgozásának eredményeképpen előállított végtermékek nagyított technológiai séma*

Ezen kívül, a hulladék plazmatechnológával történő feldolgozásának fő előnyei a következők:

- Nincs szükség a hulladék szétválogatására a plazma berendezésbe való behelyezés előtt, a hulladékfeldogozás 45% nedvességtartalomig lehetséges.
- A légtérbe történő károsanyag kibocsátásának minimalizálása: a légtérbe kikerülő gázokban a várható átlagos napi dioxin és furán koncentráció 1 $m^3$ -re vetítve 0,01 nanogrammot (10-11 g) tesz ki, ami sokkal alacsonyabb a jelenleg érvényben lévő megengedett koncentráció határérték előírásnál. Ezt a plazma berendezés reaktorának belső terében levő magas hőmérséklet folyamatos biztosításával lehet elérni, ami a különböző anyagok molekulákra való bomlásához vezet.

## 3.2. A BERUHÁZÁS LÉTESÍTMÉNYEINEK FELSOROLÁSA

A komplexum évi kapacitása 39.200 tonna hulladék.

A Komplexum létrehozásának projektje a következő objektumok építését irányozza elő:

- Főépület, mely két üzemet tartalmaz: a hulladékfeldogozási üzemet és az energetikai blokkot.
- Biodízel üzemanyag és alga-biomassza előállítási egysége;
- Irodahelyiségek;
- Laboratóriumok;
- Raktár helyiségek;
- Műszaki hálózatok, kommunikációs hálózat és különféle részegységek, ezen belül vízellátási és vízelvezető részegység (beleértve a vízkutakat), villamos hálózat.

A Komplexum automatizált információs irányítási rendszerrel (AIIR) és integrált biztonsági rendszerrel (beleértve tűz- és biztonsági riasztó rendszert, videokamerás megfigyelési rendszert, értesítési rendszert, a beléptetés ellenőrzési és irányítási rendszerét), valamint kisegítő berendezésekkel és létesítményekkel lesz felszerelve.

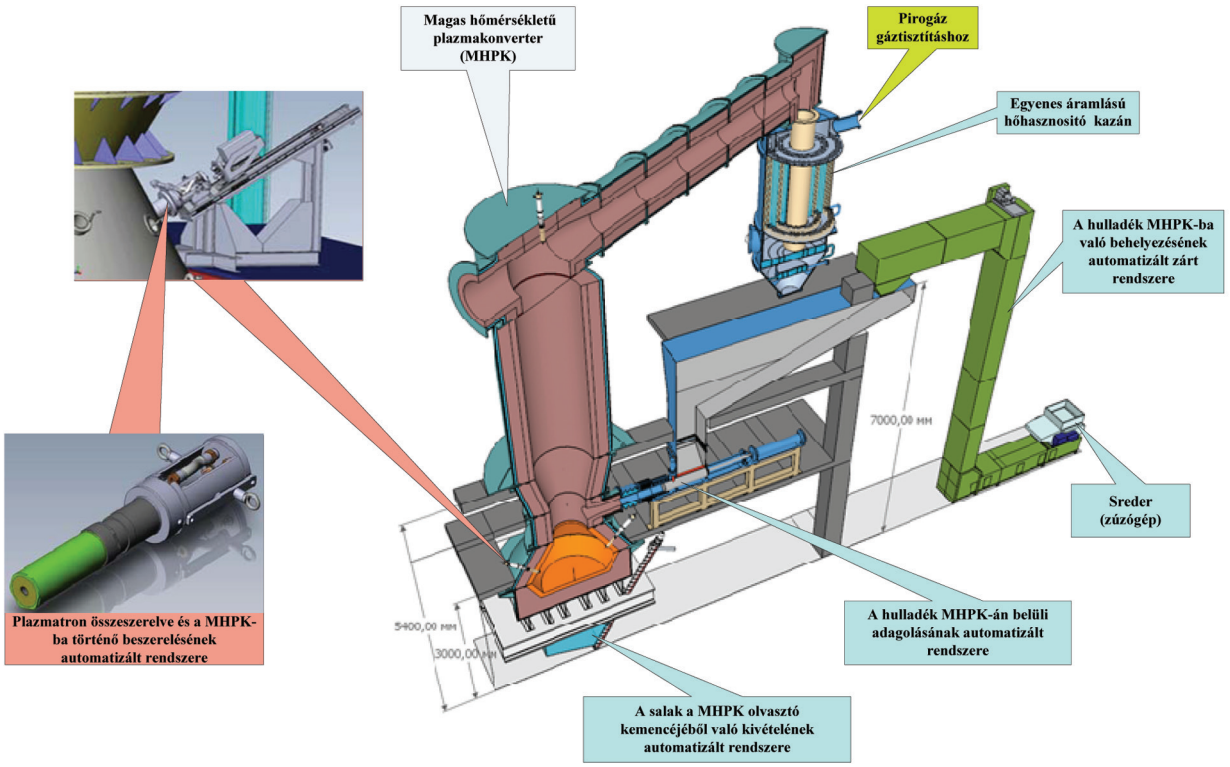
### *3.2.1. A biomassza és a hulladék feldolgozási egysége*

A hulladékfeldolgozási blokk a következő berendezéseket tartalmazza:

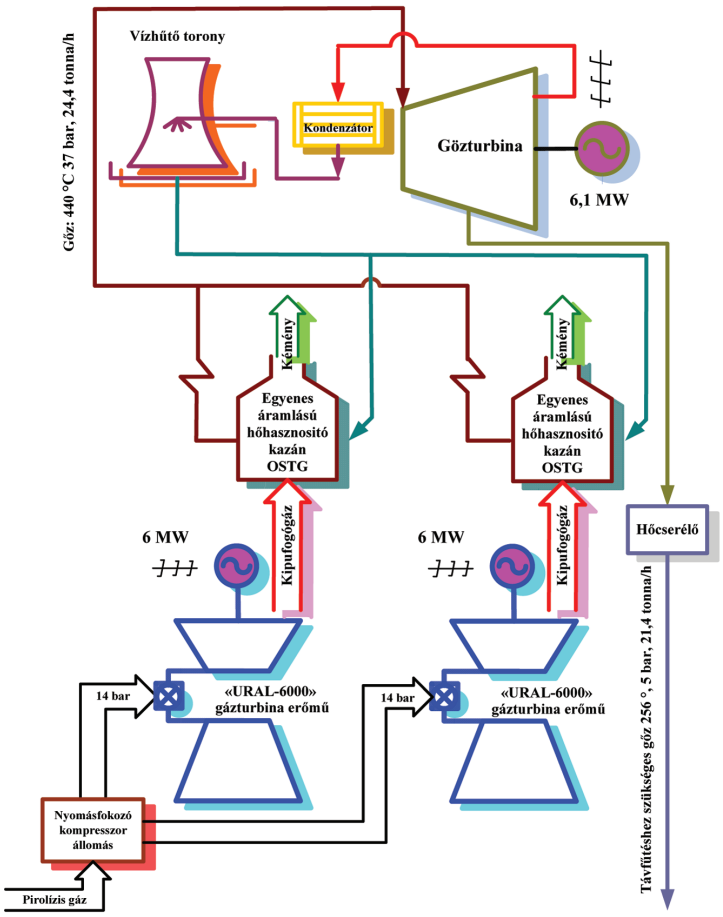
- a hulladék átrakásához, összezúzásához és raktározásához szükséges egység;
- magas hőmérsékletű plazmakonverterek részegysége plazmatronikával és egyenes áramlású hőhasznosító kazánok;
- salak granuláló és hőszigetelő anyagok gyártásához szükséges részegység;
- gáztisztító, levezető csatornák és kibocsátott anyagok tisztítási részegysége;
- tartalék áramforrás (dízel generátor).

### *3.2.2. Energetikai blokk*

Az energetikai blokk (CCGT-CHP 18 - gőzgáz berendezéssel felszerelt hőerőmű), mely tartalmaz két darab „URAL-6000” típusú gázturbinás erőművet (GTE), két darab egyenes áramlású hőhasznosító kazánt és egy gőzturbinát. A beépített villamos teljesítménye - 18,1 MW. A megrendelő igénye szerint a gőzturbina készülhet különböző nyomású elvétellel, távfűtési vagy ipari célra. Minden berendezés EU tanúsítvánnyal rendelkezik.




*44. ábra: A hulladék magas hőmérsékletű plazmatechnológiával történő feldolgozási egysége*




*45. ábra: A CCGT-CHP 18 típusú energetikai blokk szerkezeti elrendezés*

A CCGT-CHP 18 típusú energetikai blokk szerkezeti elrendezése a 45. ábrán látható.

A CCGT-CHP 18 típusú energetikai blokk üzemrésze két részlegből tevődik össze. A főrészlegből, ahol az alapberendezések és a termelőrészlegből, ahol a segédberendezések kerülnek elhelyezésre.

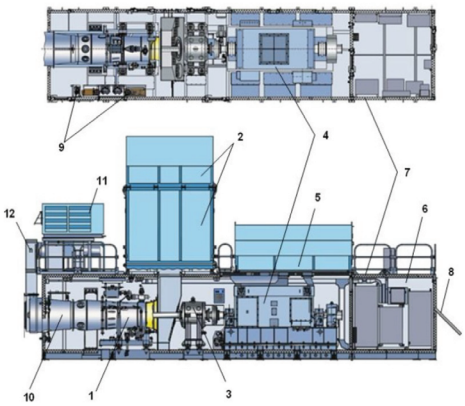
A CCGT-CHP 18 típusú energetikai blokk üzemrészében beépítésre kerülő tervezett berendezések felsorolása a 17. táblázatban látható.

Az üzem főrészlegébe tartoznak: a gőzturbina alegység, mely a hozzáépített résszel együtt egy épületet alkot, melyben az elektrotechnikai berendezések, valamint az automatizált technológiai folyamatirányító- és ellenőrző részegység (ATF ER), központi- és blokkvezénylő helységei helyezkednek el. A gázturbinás erőművek (GTE), valamint az egyenes áramlású hőhasznosító kazánok (49. ábra), szabad téren konténerekben (46, 47 ábrák) kerülnek elhelyezésre. A gőzturbina alegység együtt a hozzáépített résszel az üzemrész főrészlegének zárt részét képezi. Az épületek és a létesítmények közötti technológiai kapcsolatot a földfeletti és földalatti kábelvezetékek biztosítják. A blokktranszformátorokból kiadott teljesítményt a földalatti kábelek biztosítják a 120 kV-os elosztó berendezés felé.

*17. táblázat*

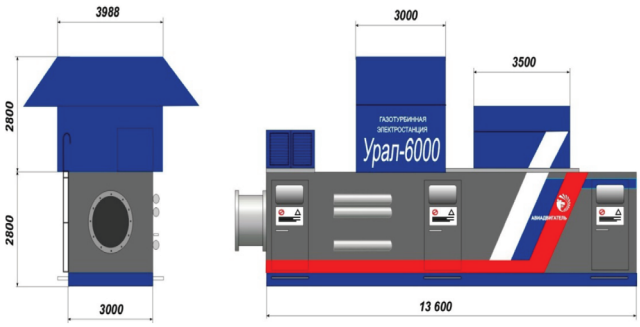
| Poz. sz. | Épületek és létesítmények megnevezése | Megjegyzés |
|---|---|---|
| 1 | Az üzemrész fő részlege | |
| 1.1 | Gázturbinás erőművek (GTE) és egyenes áramlású hőhasznosító kazánok (EÁHK) | Szabadtéri elrendezés |
| 1.2 | Gőzturbina | |
| 1.3 | Elektrotechnikai berendezések alegysége, automatizált technológiai folyamatirányító- és ellenőrző részegység, központi vezénylő helységek (KVT) | |
| 1.4 | Vízelőkészítő berendezések alegysége (VEB), közös szivattyúállomás nyitott tartállyal | |
| 2 | Égéstermék elvezető kémény | |
| 3 | Elektrotechnikai berendezések alegysége | |
| 3.1 | Szabadtéri transzformátorok | |
| 3.2 | Elosztó berendezés 120kV | |
| 3.3 | Relés kapcsolótér 120kV | |
| 4 | Technológiai vízelőkészítés alegysége | |
| 4.1 | Keringtető szivattyú állomás | |
| 4.2 | Levegő kondenzációs berendezés | |
| 5 | Fűtőanyag elllátási részleg | |
| 5.1 | Gázfűtőanyag elllátási részleg | |
| 5.1.1 | Nyomásfokozó kompresszorállomás | |

| Poz. sz. | Épületek és létesítmények megnevezése | Megjegyzés |
|---|---|---|
| 5.1.2 | Gáztisztító és merő berendezés | |
| 6 | Termelési részleg | |
| 6.1 | Nitrogén és egyéb tartályraktár | |
| 6.2 | Olajraktár (hordós kiszerelésben) | |
| 6.3 | Technológiai csővezetékek közös tartókon | |
| 6.4 | Fűtőhálózat pótvíz ellátására szolgáló tartályok | |
| 7 | Olajtartalmú technológiai víz és csapadékvíz tisztító berendezés | |
| 7.1 | Csapadékvíz tartály szivattyú állomással | |
| 7.2 | Olajtartalmú víz gyűjtő tartályok | |
| 7.3 | Olajfogó 10 liter/mp teljesítménnyel | |
| 7.4 | Közbenső tartály V= 10 m³ és befogott olajtermékek gyűjtőtartálya V= 10 m³ | |
| 7.5 | Tisztított víz tartály V= 100 m³ | |
| 8 | Általános rendeltetésű alegység | |
| 8.1 | Gazdasági, fogyasztási, termelési és tűzoltási célú vízellátási szivattyúállomás, tartalék ivóvíz és tűzoltáshoz szükségesvíztartállyal | |
| 8.2 | Szennyvízszivattyú állomás | |
| 8.3 | Kommunális szennyvízlevezető szivattyú állomás búvar szivattyúkkal | |
| 8.4 | Irodaház főportával | |
| 8.5 | Műszaki raktár | |
| 9.1 | Belső autóutak | |
| 9.2 | Gépkocsi parkolóhely | |

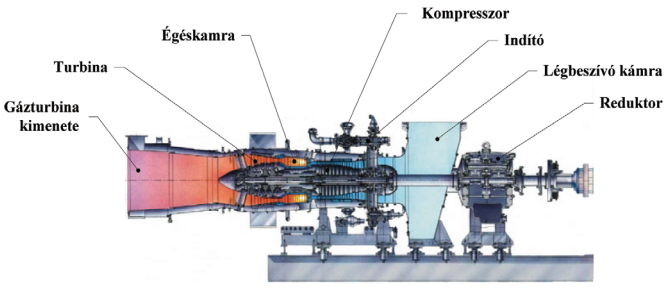



*46. ábra; „URAL-6000” tip. gázturbinás erőmű*

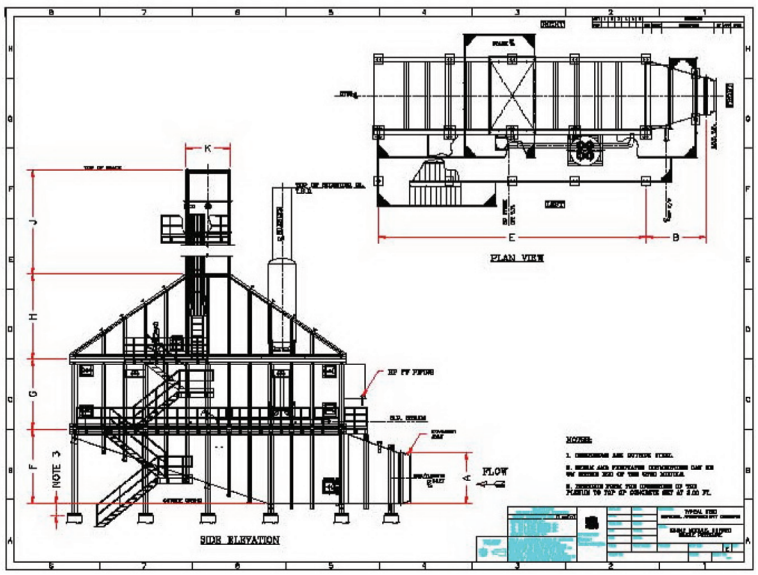
1. Gázturbina
2. Komplett légtisztító berendezés hangtompítóval és légbeszívó részegységgel
3. Reduktor
4. Gázturbina generátor
5. Szellőztetési részegység
6. Automatikus irányítási rendszeret részegység és villamos berendezés
7. Zaj -és hőszigetelő konténer
8. Bejárat az erőműbe és az üzemi területre
9. Hajtómű, gázturbina generátor - és reduktor olajellátó részegysége
10. Gázturbina kimenete
11. Olaj-levegő hűtő
12. Levegő ellátó részegység




*47. ábra: „URAL-6000” tip. gázturbinás erőmű általános látképe*




*48. ábra: „GTU-6P” tip. gázturbina*






*49. ábra: Egyenes áramlású hőhasznositó kazán*

### *3.2.3. Biodízel üzemanyag és alga-biomassza gyártási egysége*

Az alga-biomasszából nyert üzemanyag különleges helyet foglal a megújuló energiaforrások sorában a többi fajta üzemanyaghoz képest, amelyet biomasszából nyernek (18. táblázat). Az algából nyert biomassza lényege, megkülönböztető sajátossága az, hogy ez a fajta biomassza sokkal magasabb energetikai mutatókkal rendelkezik, mint a más forrásokból nyert egyéb biomassza fajták.

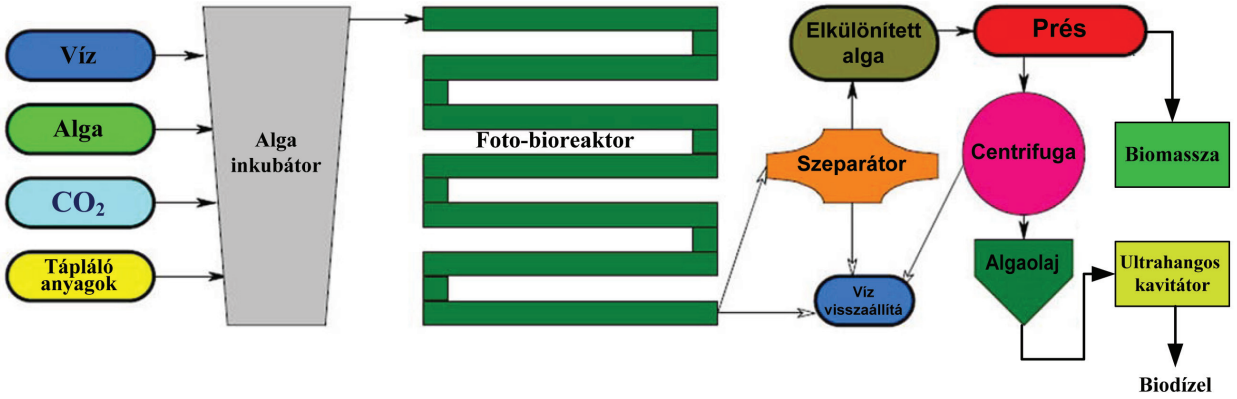
*18. táblázat*

| | **Fajlagos olajtartalom (l/ha*év)** | **Fajlagos energiatartalom (MW h/ha)** |
|---|---|---|
| Szója | 446 | 4 |
| Napraforgó | 952 | 9 |
| Repce | 1 190 | 11 |
| Ricinus mag | 1413 | 13 |
| Sztrofant | 1892 | 18 |
| Kókuszdió | 2 689 | 25 |
| Pálmaolaj | 5 950 | 55 |
| Kínai faggyúfa | 6 527 | 61 |
| 15% triacilglicerid tartalmú alga | 11204 | 104 |
| 50% triacilglicerid tartalmú alga (50 g/ m² naponta) | 100000 | 931 |

Az algák –a föld leggyorsabban növekvő növényei; egy nap alatt mennyiségük többszörösére növekedhet. Ezen kívül, még egy különleges sajátossággal rendelkeznek – olajtartalmuk 50%, ami fontos az üzemanyag előállítás számára. Mint biológiai nyersanyag az algák előnye nyilvánvaló: különösen magas terméshozammal rendelkeznek, és termesztésükhöz nem kell hasznos mezőgazdasági területeket igénybe venni. Egyidejűleg, az algák termesztése ökológiai problémákat is megoldhat, az ipari vállalatok által kibocsátott széndioxid újrafelhasználása, mivel a CO2 felhasználható az algák táplálékaként. Jelenleg az algák – üzemanyag előállítása céljából az egyik legperspektivikusabb biomassza forrás.

Algából történő biomassza és olaj folyamatos gyártása három szakaszból áll: algák termesztése, a termés betakarítása, biomassza és biodízel üzemanyag kinyerése. Algákból történő biomassza és olaj gyártása az 50. ábra folyamat ábrán látható és a következőket tartalmazza. Speciális tartályokban (inkubátorokban) készítik elő a mag-anyagot, mely a növekedési folyamat alatt a levegőből származó széndioxiddal táplálkozik. Majd ezt az anyagot foto-reaktorokba helyezik, melyek édesvízzel vannak tele, melynek vegyi összetétele biztosítja az algák maximális növekedési ütemét. A foto-reaktorokba készített vizet összekeverik a mag-anyaggal. Az ebből kialakult víz-alga anyagot bőségesen ellátják széndioxiddal. Éppen ez a speciális vízkeverék és a világítás belső kiképzése, mely a világítótestek optimális elhelyezési és a világítási színkép kiválasztásának elvét követi, segítik elő a hatékony fotoszintézist.

A foto-bioreaktorban a növekedési idő alatt az algák bizonyos sokkhatásra gyorsan kezdenek osztódni, és saját tömegüket feltöltik maximális mennyiségű olajos folyadékkal, melynek ezt a tulajdonságát használják fel jó minőségű üzemanyag előállítására. Miután az algák elérték a maximális növekedési méretet a teljes víz-alga folyadék automatikusan átkerül a szeparátorba, ahol megtörténik a víz elkülönítése, és a víz a tápláló anyagokkal együtt a víz előkészítési rendszeren keresztül visszakerül a foto-bioreaktorba. Az elkülönítés eredményeképpen nyert biomassza a présbe kerül, ahol nyomás alatt az alga sejtfala elbomlik, folyadék választódik ki (olaj a maradék vízzel) és elkülönül a biomassza. A folyékony halmazállapotú anyag bekerül a centrifugába, ahol megtörténik az alga-olaj és a víz végleges szétválasztása. Ez a víz, mely tápláló anyagokat tartalmaz és a víz előkészítési rendszeren keresztül szintén visszakerül a foto-bioreaktorba. Az alga-olaj bekerül az ultrahangos kavitátorba, mely lehetővé teszi az alga–rácsot mole-




*50. ábra: Algából nyert biomassza és biodízel üzemanyag folyamat ábrája*

kuláris szintre szétbontani, majd ezt a katalizátorban erősen összekeverik. Ennek eredményeképpen a végén megjelenik a biodízel üzemanyag.

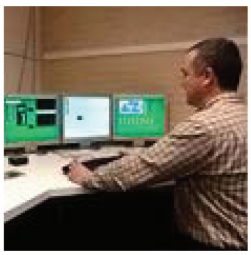
Algákból származó biomassza és olaj gyártásának fő eleme a foto-bioreaktor, mely speciális csövek összességéből áll, melyek meghatározott hőmérsékleti rendben működő melegházban kerülnek elhelyezésre. A foto-bioreaktor csöveinek belső felszínén kinövő algákból a termelékenység döntő tényezői. Ezért a foto-bioreaktor speciális tisztító rendszerrel van ellátva, amely megállás nélkül működik a foto- bioreaktor működése alatt. A foto-bioreaktor abban különbözik a nyitott víztárolóktól, hogy zárt rendszerben működik és védett a nemkívánatos mikroorganizmusoktól, valamint egyéb káros hatásoktól, melyek hatást gyakorolnak az algák növekedésére. A zárt rendszer léte csökkenti a algák fertőzésének valószínűségét.

Az egész folyamat, az algák foto-bioreaktorba történő behelyezésétől a biodízel üzemanyag megjelenéséig teljesen automatizált. A biomassza és biodízel üzemanyag előállítását automatizált technológiai folyamatirányító- és ellenőrző részegység biztosítja az algák növekedési ütemét, a foto-bioreaktor hőmérsékletét és az áramlások sebességét, a megvilágítását, a CO2 koncentrációjának ellenőrzését, biztosítva ezzel a folyamatos termelést.

Az 51-54 ábrákon bemutatásra kerülnek az algák előállított biomassza és biodízel üzemanyag termeléséhez szükséges alapvető berendezések, melyek a jelen Projekt keretein belül kerülnek leszállításra.



*51. ábra: Foto-bioreaktor irányítási és táplálási részegység*



*52. ábra: Biomassza és biodízel üzemanyag termelési folyamatának irányítási központja*



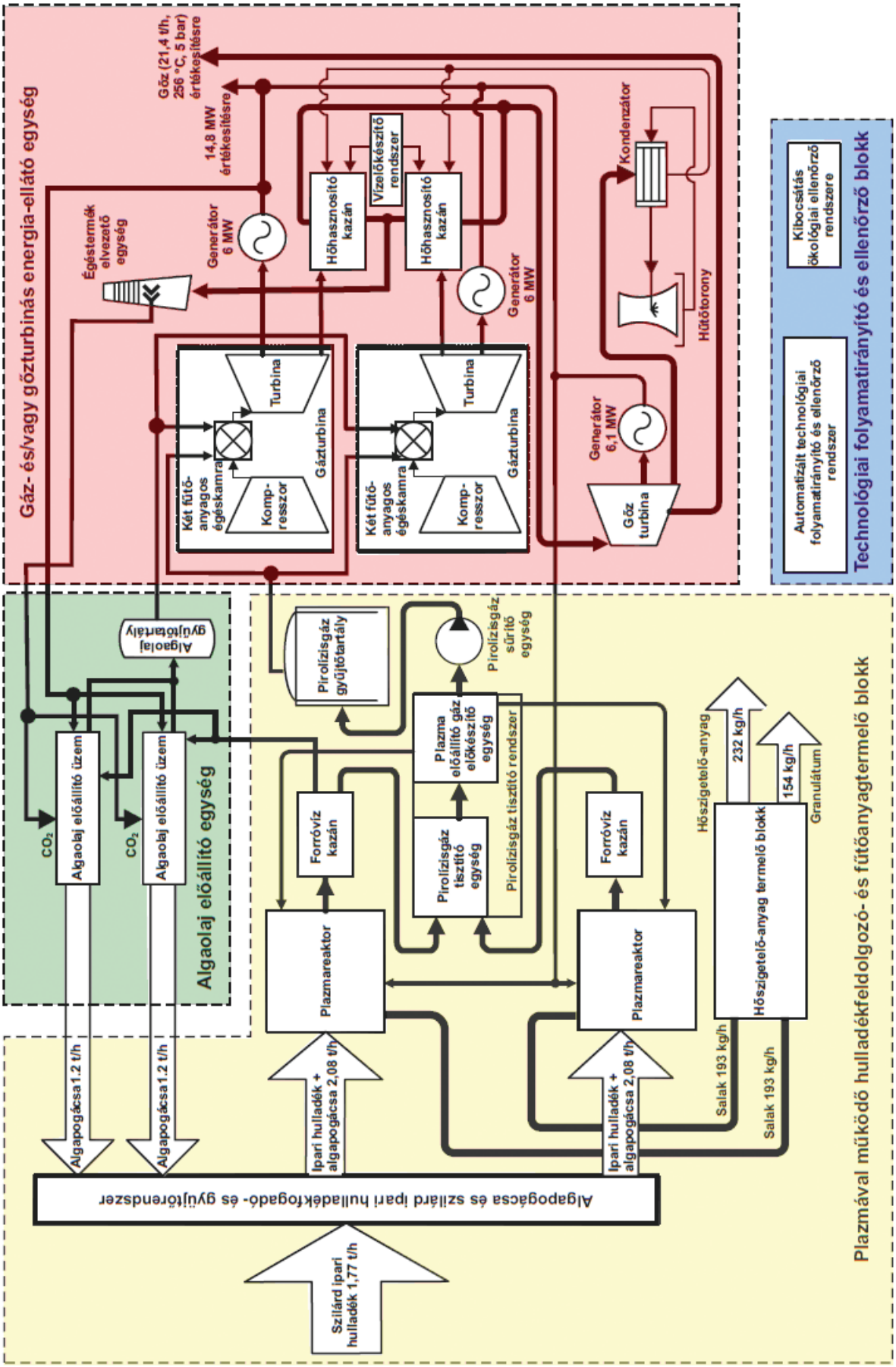
*53. ábra: A foto-bioreaktor tisztító rendszere*



*54. ábra: Melegház foto-bioreaktorral*

### 3.3. ÉPÍTÉSI-SZERELÉSI MUNKÁK KÖLTSÉGEINEK ELSZÁMOLÁSA. TERMELŐBERENDEZÉSEK BESZERZÉSI, TELEPÍTÉSI ÉS ÜZEMBEHELYEZÉSI KÖLTSÉGEINEK ELSZÁMOLÁSA

A terv- és költségdokumentáció (TKD) előkészítésének, az építési-szerelési munkák (ÉSM) lebonyolításának, valamint a termelőberendezések beszerzésének, telepítésének és üzembe helyezésének költségeit a 19. táblázat mutatja be.




*Klíma- és környezetbarát erőmű működési elve*

*19. táblázat: A terv- és költségdokumentáció előkészítésének, az építési-szerelési munkák lebonyolításának, illetve a termelőberendezések beszerzésének, telepítésének és üzembe helyezésének költségei, ráfordításai (nettó - ÁFA nélkül - ezer EUR)*

| ***Befektetési költségei, ráfordításai nettó (ÁFA nélkül) ezer EUR*** | | | | | **EUR** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Költségek, ráfordítások megnevezése** | **Első év** | | | | |
| | **1. negyedév** | **2. negyedév** | **3. negyedév** | **4. negyedév** | |
| **Terv- és építési dokumentáció előkészítésének költségei** | **3 880** | **0** | **0** | **0** | **3 880 000** |
| **Berendezések beszerzési költségei:** | **13041** | **6 588** | **0** | **21 635** | **41 263 601** |
| Hulladékátrakási, -aprítási és -tárolási csomópont | 617 | 0 | 0 | 0 | 616 666 |
| MHPK plazmatronikával (3 db) és egyenes áramlású hőhasznosító kazánokkal (3 db) | 3 415 | 0 | 0 | 6 830 | 10 245 000 |
| Salakgranuláló | 127 | 0 | 0 | 0 | 127 187 |
| Gáztisztító-, illetve szennyvíztisztító részegység | 0 | 594 | 0 | 0 | 593 541 |
| Energetikai blokk (CCGT-CHP) | 8 882 | 0 | 0 | 8 890 | 17 772 344 |
| Tartalék áramellátó részegység (dízelgenerátor) | 0 | 79 | 0 | 0 | 79 492 |
| Automatizált információs irányítási rendszer | 0 | 848 | 0 | 848 | 1 695 830 |
| Integrált biztonsági rendszer (beleértve az ellenőrzőpontokat is) | 0 | 85 | 0 | 85 | 169 583 |
| Egyéb (berendezések és felszerelések, beleértve a biodízel üzemanyagot és biomassza termeléséhez, valamint hőszigetelő anyagok előállításához szükséges berendezéseket is) | 0 | 4 982 | 0 | 4 982 | 9 963 958 |
| **Építési-szerelési munkák költségei:** | **3108** | **329** | **0** | **970** | **4 407 030** |
| Hulladékátrakási, -osztályozási és -tárolási csomópont | 31 | 0 | 0 | 0 | 30 833 |
| MHPK plazmatronikával (3 db) és egyenes áramlású hőhasznosító kazánokkal (3 db) | 146 | 0 | 0 | 292 | 438 000 |
| Salakgranuláló | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 359 |
| Gáztisztító-, illetve szennyvíztisztító részegység | 0 | 30 | 0 | 0 | 29 677 |
| Energetikai blokk (CCGT-CHP) | 382 | 0 | 0 | 382 | 764 417 |
| Tartalék áramellátó részegység (dízelgenerátor) | 0 | 4 | 0 | 0 | 3 975 |
| Automatizált információs irányítási rendszer | 0 | 42 | 0 | 42 | 84 792 |
| Integrált biztonsági rendszer (beleértve az ellenőrzőpontokat is) | 0 | 4 | 0 | 4 | 8 479 |
| Közműhálózat, műszaki hálózatok és részegységek | **270** | 249 | 0 | 249 | 768 198 |
| ***Épületek és létesítmények:*** | **1948** | **0** | **0** | **0** | **1 947 686** |
| Főépület | 1 623 | 0 | 0 | 0 | 1 623 072 |
| Raktárhelyiségek | 325 | 0 | 0 | 0 | 324 614 |
| Az adminisztratív és szociális célokat szolgáló épületek, valamint a laboratóriumok rekonstrukciós munkálatai, illetve egyéb létesítmények és berendezések | 325 | 0 | 0 | 0 | 324 614 |
| **ÖSSZESEN:** | **20 029** | **6 917** | **0** | **22 605** | **49 550 631** |
| **ÖSSZEG:** | | | | **49 551** | **49 550 631** |

### 3.4. A TERMELŐOBJEKTUMOK ÉPÍTÉSI ÉS ÜZEMBEHELYEZÉSI ÖSSZKÖLTSÉGÉNEK ELSZÁMOLÁSA

A Komplexum építéséhez, felszereléséhez és üzembe helyezéséhez szükséges beruházások összértékét a 20. táblázat tartalmazza.

*20. táblázat: A termelőegységek építési beruházásainak, valamint és üzembe helyezésének költségei EUR-ban*

| Költségtétel | Nettó összeg (ÁFA nélkül) |
|---|---|
| Terv- és költségdokumentáció előkészítésének költségei | **3 880 000** |
| Építési-szerelési munkák költségei | **4 407 030** |
| Berendezések beszerzési költségei | **41 263 601** |
| **ÖSSZESEN** | **49 550 631** |

Ily módon az ipari hulladékok és biomassza magashőmérsékletű plazmás feldolgozására alkalmas Komplexum építési beruházásának költsége 49 550 631 EUR-t (ÁFA nélkül) tesz ki. Az újrahasznosított hulladék 1 tonnányi mennyiségére vetített beruházási költség éves szinten 1 264,05 EUR.

### 3.5. ÖSSZESÍTETT BERUHÁZÁSI ÜTEMTERV

A beruházási ütemterv az alábbiakban felsoroltakra vonatkozóan tartalmazza a pénzügyi források ütemenkénti felhasználásáról szóló információkat:

- terv- és költségdokumentáció előkészítése;
- a Komplexum építése;
- a meglevő épületek rekonstrukciója, gépek és berendezések beszerzése (beleértve a gépek és berendezések beszerzésének, csomagolásának, szállításának, valamint azok beszerelésének és beszabályozásának költségeit).

A 21. táblázat mutatja be a gyártásszervezési beruházások összesített ütemtervét.

*21. táblázat*

| ***Összesített beruházási ütemterv nettó (ÁFA nélkül) ezer EUR-ban*** | | | | | **Euro** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Költségtételek megnevezése** | **2011** | | **2012** | | |
| | **3. negyedév** | **4. negyedév** | **1. negyedév** | **2. negyedév** | |
| **Terv- és építési dokumentáció előkészítésének költségei** | **3 880** | **0** | **0** | **0** | **3 880 000** |
| **Berendezések beszerzési költségei:** | **13041** | **6 588** | **0** | **21 635** | **41 263 601** |
| Hulladékátrakási, -aprítási és -tárolási csomópont | 617 | 0 | 0 | 0 | 616 666 |
| MHPK plazmatronikával (3 db) és egyenes áramlású hőhasznosító kazánokkal (3 db) | 3 415 | 0 | 0 | 6 830 | 10 245 000 |
| Salakgranuláló | 127 | 0 | 0 | 0 | 127 187 |
| Gáztisztító-, illetve szennyvíztisztító részegység | 0 | 594 | 0 | 0 | 593 541 |
| Energetikai blokk (CCGT-CHP) | 8 882 | 0 | 0 | 8 890 | 17 772 344 |
| Tartalék áramellátó részegység (dízelgenerátor) | 0 | 79 | 0 | 0 | 79 492 |
| Automatizált információs irányítási rendszer | 0 | 848 | 0 | 848 | 1 695 830 |
| Integrált biztonsági rendszer (beleértve az ellenőrzőpontokat is) | 0 | 85 | 0 | 85 | 169 583 |
| Egyéb (berendezések és felszerelések, beleértve a biodízel üzemanyagot és biomassza termeléséhez, valamint hőszigetelő anyagok előállításához szükséges berendezéseket is) | 0 | 4 982 | 0 | 4 982 | 9 963 958 |
| **Építési-szerelési munkák költségei:** | **3108** | **329** | **0** | **970** | **4 407 030** |
| Hulladékátrakási, -osztályozási és -tárolási csomópont | 31 | 0 | 0 | 0 | 30 833 |
| MHPK plazmatronikával (3 db) és egyenes áramlású hőhasznosító kazánokkal (3 db) | 146 | 0 | 0 | 292 | 438 000 |
| Salakgranuláló | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 359 |
| Gáztisztító-, illetve szennyvíztisztító részegység | 0 | 30 | 0 | 0 | 29 677 |
| Energetikai blokk (CCGT-CHP) | 382 | 0 | 0 | 382 | 764 417 |
| Tartalék áramellátó részegység (dízelgenerátor) | 0 | 4 | 0 | 0 | 3 975 |
| Közműhálózat, műszaki hálózatok és részegységek | **270** | 249 | 0 | 249 | 768 198 |

| *Összesített beruházási ütemterv nettó (ÁFA nélkül) ezer EUR-ban* | | | | | Euro |
|---|---|---|---|---|---|
| Költségtételek megnevezése | 2011 | | 2012 | | |
| | 3. negyedév | 4. negyedév | 1. negyedév | 2. negyedév | |
| ***Épületek és létesítmények:*** | **1948** | **0** | **0** | **0** | **1 947 686** |
| Főépület | 1 623 | 0 | 0 | 0 | 1 623 072 |
| Raktárhelyiségek | 325 | 0 | 0 | 0 | 324 614 |
| Az adminisztratív és szociális célokat szolgáló épületek, valamint a laboratóriumok rekonstrukciós munkálatai, illetve egyéb létesítmények és berendezések | 325 | 0 | 0 | 0 | 324 614 |
| **ÖSSZESEN:** | **20 029** | **6 917** | **0** | **22 605** | **49 550 631** |
| **ÖSSZEG:** | | | | **49 551** | **49 550 631** |

**ÖSSZEFOGLALÁS – „A Projekt megvalósításának beruházási terve" fejezet:**

1. A termelési bázist az éves szinten 39 200 tonnányi hulladék hasznosítását végző termelőegységek és raktárhelyiségek, valamint a laboratóriumok és az adminisztratív, illetve szociális célokat szolgáló létesítmények biztosítják.
2. A Komplexumban a plazmás gázosítás, a pirolízis és anyagolvasztási technológia eljárást fogják alkalmazni. A technológiai munkarend lehetőséget ad arra, hogy a biomassza mellett a hulladékot mint nyersanyagot használják fel elektromos energia, hőhordozó (meleg víz) és kísérőanyag (bazaltszerű salak) nyeréséhez. Mindennek eredményeképpen pedig egy zárt termelési és hasznosítási rendszer jön létre.
3. A magashőmérsékletű plazma módszerrel történő hulladékfeldolgozás technológiai folyamata a következő fő szakaszokat foglalja magába:
   - a hulladékok beadagolása a plazmareaktorba;
   - a hulladékok plazmakonverterben oxigénmentes körülmények között történő bontása;
   - szintetizált forró gázok szublimálása a szerves és szervetlen alkotóelemek ultraintenzív bomlasztási technológiája révén;
   - a szervetlen alkotóelemek üvegesítési eljárása, amelynek során kémiailag semleges üveges salak képződik a megolvadt fémek elválasztódása, illetve - a plazmás elgázosítás eljárás alkalmazása következtében - bazaltszerű salak és pirolízis gáz kiválasztódása mellett;
   - a pirolízis gáz többlépcsős tisztítási folyamata, valamint a pirolízis gáz energiaforrásként történő felhasználása hő és villamos energia nyerése céljából;
   - villamos energia és hőhordozó előállítása (meleg víz, túlhevített gőz) továbbértékesítés céljából, illetve a Komplexum önfogyasztási szükségleteinek kielégítésére;
   - biodízel üzemanyag előállítása továbbértékesítés, illetve a Komplexum önfogyasztási igényeinek biztosítása céljából.
4. A termelési bázis és a raktárhelyiségek építése, a laboratóriumok és az irodahelyiségek előkészítése, beleértve a terv- és költségdokumentáció előkészítésének költségeit, valamint a berendezések beszerzési, szállítási és beszerelési költségeit (ÁFA nélkül) 49 551 ezer EUR összegű tőkebefektetést igényel.
5. Az 1 tonnányi újrahasznosított hulladékra vetített összes beruházási költség éves szinten 1 264,05 EUR összegnek megfelelő.

# 4. A PROJEKT „ÜZEMBEHELYEZÉSI" FÁZISÁNAK KÖLTSÉGTERVE

## 4.1. TERMELÉSI TERV

### *4.1.1. A termelési folyamat korlátainak, a tervezett kapacitás elérési határidejének elemzése, valamint a megvalósulási és a készlet képzési programok analízise*

A jelenlegi üzleti tervben megfogalmazott koncepció szerint egy magashőmérsékletű plazma technológiát alkalmazó hulladékfeldolgozó Komplexum létrehozását tervezik, amelynek teljesítőképessége (az újrahasznosított hulladék éves mennyisége) 39 200 tonna évente. A feldolgozandó hulladék összetétele az alábbi: a feldolgozandó hulladék teljes térfogatának 38%-a (15 000 tonna évente) - alga biomassza, 16% (6 200 tonna/év) – autógumi, 47% (18 000 tonna éves szinten) – ipari hulladék.

A magashőmérsékletű plazma módszerrel történő hulladékfeldolgozással kapott és továbbértékesíteni kívánt végtermékek a következők:

- villamos energia;
- hőhordozó (gőz a távhőellátáshoz);
- szemcsés bazaltszerű salak és hőszigetelő anyagok;
- biodízel üzemanyag.

A Komplexum üzembehelyezését 2012. II. negyedévének végére tervezik, a Komplexum a hulladékhasznosítási tevékenységet 2012. III. negyedévétől végzi. A 22. táblázatban található a tervezett teljesítmények termelési ütemterve az előállítandó termékekre és nyújtandó szolgáltatásokra vonatkozóan.

*22. táblázat: Üzemeltetési ütemterv (az előirányzott teljesítmény százalékában kifejezve - %)*

| Áru, munka és szolgáltatás megnevezése | 2011 | 2012. | 2013. | 2014. | 2015. | 2016. | 2017. | 2018. | 2019. | 2020. | 2021. | 2022. | 2023. | 2024. | 2025. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hulladék-hasznosítás | 0,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| Villamos energia | 0,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| Hőhordozó (gőz) | 0,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| Bazaltszerű salak | 0,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| Biodízel üzemanyag | 0,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

### *4.1.2. Termelési program*

A jelenlegi üzleti terv keretein belül a termelési programot a megtervezendő technológiai folyamat szerint alakítják ki, évi 330 munkanappal számolva, illetve a főbb termelőberendezések tervszerű megelőző karbantartása miatti időkiesést figyelembevéve. A biodízel üzemanyagot, a szemcsés salakot és a hőszigetelő anyagokat a felhasználóknak EXW paritással értékesítik, azaz a Komplexum nem vállalja az áru szállítási költségét.

A tervezett teljesítmény elérését követően a Komplexum éves végtermék kibocsátása a következőképpen alakul:

- villamos energia – 92 270 000 kWh;
- hőhordozó (gőz, meleg víz) – 2 000 Gcal (szezonálisan, meleg víz szolgáltatás céljából);
- biodízel üzemanyag – 11 070 000 liter;
- bazaltszerű salak – 1 460 tonna (bazaltszerű salakból 580 tonna szemcsés salakot fognak előállítani építőanyagként történő további felhasználásra, hőszigetelő anyagként pedig 880 tonnát)

## 4.2. A PROJEKT ÜZEMELTETÉSI KÖLTSÉGTERVE

### *4.2.1. A gyártó-, a raktár- és az irodai berendezések fenntartási költségterve*

A Komplexum termelő állóalapjainak fenntartási és kezelési költségei közé az alábbiak tartoznak:

- az épületek, létesítmények és berendezések értékcsökkenése;
- a termelő állóalapok fenntartási és javítási költségei.

A jelenlegi üzleti terv az alkalmazandó értékcsökkenési leírási módként a lineáris módszert jelöli meg. A 23. számú tábla mutatja be azon vagyontárgyak éves amortizációs költségeinek elszámolását, amelyekre értékcsökkenési leírás számolandó el.

*23.táblázat: Értékcsökkenési leírás alá vont vagyontárgyak bekerülési értéke*

| Az értékcsökkenési leírás alá vont vagyontárgy megnevezése | Bekerülési érték ezer EUR-ban |
|---|---|
| **Állóeszközök** | |
| **Épületek és létesítmények** | |
| Központi termelő egység | **1 623** |
| Raktárhelyiségek | **325** |
| Adminisztratív és szociális célokat szolgáló épületek, valamint laboratóriumok rekonstrukciója és egyéb létesítmények | **325** |
| **Berendezések** | |
| Hulladékátrakási, -aprítási és -tárolási csomópont | **617** |
| MHPK plazmatronikával (3 db) és egyenes áramlású hőhasznositó kazánokkal (3 db) | **10 245** |
| Salakgranuláló | **127** |
| Gáztisztító-, illetve szennyvíztisztító részegység | **594** |
| Energetikai blokk (CCGT-CHP) | **17 772** |
| Tartalék áramellátó részegység (dízelgenerátor) | **79** |
| Automatizált információs irányítási rendszer (AIIR) | **1 696** |
| Integrált biztonsági rendszer (beleértve az ellenőrző pontokat) | **170** |
| Egyéb (berendezések és felszerelések, beleértve a biodízel üzemanyagot és biomassza termeléséhez, valamint hőszigetelő anyagok előállításához szükséges berendezéseket is) | **9 964** |

A 24. táblázat mutatja be az értékcsökkenési költségek időbeni alakulását a 2011-2025 közötti időszakra vonatkozóan.

*24. táblázat: Az értékcsökkenési költségek dinamikája a 2011-2025 közötti időszakra ezer EUR-ban*

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ÖSSZESEN** | **0** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** |

A jelen üzleti terv céljainak eléréséhez a termelési alapok tervszerű megelőző karbantartási rendszerének bevezetését tervezik a Komplexumnál a berendezések és a rendszerek karbantartására, felügyeletére, valamint javítására irányulóan tervezett szervezési és technikai intézkedések összességeként.

Ezen intézkedések célja a progresszívan növekvő kopás megelőzése, a balesetek megelőzése, valamint a hulladékfeldolgozó komplexum állandó termelőképes állapotban történő tartása a megkövetelt szinten.

A tervszerű megelőző karbantartási rendszer magába foglalja a műszaki szolgálatot és a tervszerű javítást, azon belül:

- a tervezett karbantartások közötti javítás biztosítását, beleértve a berendezések és rendszerek állapotának napi figyelemmel kísérését, valamint azok üzemeltetési előírásainak betartását; a berendezések időben történő szabályozása és a keletkező kisebb meghibásodások elhárítása (általában a berendezés leállítása nélkül);
- a karbantartást megelőző intézkedések lebonyolítását a kidolgozott ütemterv szerint, beleértve az olyan meghibásodások feltárását célzó vizsgálatokat, amelyek megszüntetése sürgős vagy a legközelebbi tervezett javítás során valósul meg;
- a tervezett karbantartási munkákat, beleértve a berendezések alkatrészeinek cseréjét vagy javítását és a berendezések szabályozását;
- a komplexum javítási és karbantartási munkálataira vonatkozó termelési dokumentáció előkészítését és kezelését.

A karbantartási és üzemeltetési költségek attól a pillanattól jelentkeznek, amikor a Komplexum eléri a tervezett teljesítményt. A termelő állóalapok kezelési és javítási költségeinek előirányzatát az állóeszközök bekerülési értékének százalékában határozzák meg (25. táblázat).

*25. táblázat: Javítási és üzemeltetési költségek éves előirányzata az állóalapok bekerülési értékének százalékában kifejezve (%)*

| Objektum megnevezése | Előirányzat |
|---|---|
| Energetikai blokk (CCGT-CHP) | **2,2%** |
| Magas hőmérsékletű plazma konverter | **7,0%** |
| Egyéb technológiai berendezések | **2,0%** |

A 25. táblázatban szerepelnek a Komplexum termelő álló alapjainak tervezett javítási és karbantartási költségei a 2011-2025 közötti időszakra vonatkozóan.

*26. táblázat: A Komplexum javítási és üzemeltetési költségei a 2011-2025 közötti időszakra vonatkozóan (ezer EUR + ÁFA)*

| Állóeszközök | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hulladékátrakási, -aprítási és - tárolási csomópont | **0** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** |
| MHPK plazmatronikával és egyenes áramlású hőhasznosító kazánokkal (3 db) | **0** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** | **748** |
| Salakgranuláló | **0** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** |
| Gáztisztító-, illetve szennyvíztisztító részegység | **0** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** | **12** |
| Energetikai blokk (CCGT-CHP) | **0** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** | **408** |
| Tartalék áramellátó részegység | **0** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** | **2** |
| Automatizált információs irányítási rendszer | **0** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** | **36** |
| Integrált biztonsági rendszer (beleértve az ellenőrző pontokat) | **0** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** |
| Közműhálózat, műszaki hálózatok és részegységek | **0** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** | **15** |
| Egyéb (berendezések és létesítmények) | **0** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** | **206** |
| **ÖSSZESEN** | **0** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** |

### *4.2.2. Nyersanyag- és anyagbeszerzés költségterve*

#### 4.2.2.1. A szükséges anyagok és erőforrások nagysága

A Komplexumnál alkalmazandó magashőmérsékletű plazmás módszerrel történő anyagfeldolgozás technológiája lehetővé teszi, hogy nyersanyagként újrahasznosítandó szilárd ipari hulladékot és biomasszát használjanak fel pirolízis gáz és kísérőtermékként bazaltszerű salak nyeréséhez. A pirolízis gázt elektromos energia termeléséhez, valamint hő előállításához használják, így a megtermelendő villamos energia egy részét a plazmakonverterek energiaigényének fedezésére fogják felhasználni. A Komplexum ipari és ivóvízszükségletének biztosítása a Komplexum területén található saját artézi kútból történik. Ezen kívül a Komplexum területén üvegházakban algákat termesztenek biomassza és biodízel üzemanyag nyerése céljából, az alga termesztéséhez pedig a CCGT-CHP termelődő széndioxidgázt használják fel.

Ily módon, a Komplexumban egy zárt termékfeldolgozási - hasznosítási ciklus jön létre, amely lehetővé teszi azt, hogy a hulladékot és a biomasszát mint nyersanyagot használják fel villamos energia, hőellátás biztosításához szükséges gőz és kiegészítőtermékek, úgymint bazaltszerű salak és biodízel-üzemanyag nyeréséhez.

#### 4.2.2.2. A termelési tervnek megfelelő anyagkészletnagyság

A készletek az újratermelés állandóságának és folytonosságának egyik legfontosabb tényezőjét jelentik. Ez vonatkozik a teljes anyagkészlet minden egyes összetevőjére. A termelés folytonossága megköveteli azt, hogy állandó jelleggel megfelelő mennyiségű nyersanyag és anyag álljon rendelkezésre a raktárban a termelési szükségletek maximális kielégítéséhez. Ezért tekintettel a folyamatos keresletre és a szállítások bizonytalanságára a termelés folytonosságának biztosítása anyagkészletek beszerzését és azok vállalaton belüli tárolását teszi szükségessé.

A termelési készletvolumenek kalkulálása fajtánként külön-külön történik. Az üzleti tervben szereplő elgondolás szerint a termelési készletek csak az üzemeltetéshez kapcsolódó javítási szükségleteket fedező anyagokból és alkatrészekből állhatnak.

Az anyag- és alkatrészkészletek nagyságát az átlagos készletidőből kiindulva határozzák meg. Az átlagos készletidőt a biztonsági készlet volumenével növelt folyó anyag- és alkatrészkészletből állapítják meg.

A tárolt készlet közvetlenül szállítóktól vagy az ellátó cégek raktáraiból érkező anyagszállítmányok között biztosítja a termelés folytonosságát. A folyókészletnorma a szállítások közötti időintervallum felével egyezik meg. A kalkuláció során feltételezték, hogy az üzemeltetéshez kapcsolódó javítási igényeket lefedő anyagok és alkatrészek beszerzési gyakorisága 30 nap. Így a folyókészletnorma 15 nap.

A biztonsági (vagy garanciális) készlet a vevők folyamatos ellátását szolgálja előre nem látott események bekövetkezése esetén: a szállítások tervezettől eltérő gyakorisága és volumene, a fogyasztás intenzitásának változásai, az úton levő szállítmány késedelme. A tárolt készletekkel szemben a biztonsági készletek nagysága állandó. Normális munkakörülmények között ezek a készletek érintetlenül maradnak. A kalkuláció során abból indultak ki, hogy a biztonsági készlet 10 napra elegendő mennyiséget biztosít.

Ily módon az üzemeltetéshez kapcsolódó javításokhoz szükséges anyagok és alkatrészek átlagos készletideje 25 nap.

### *4.2.3. A termelő személyzet költségterve*

#### 4.2.3.1. Állományi létszám

A Komplexum termelő személyzetének állományi létszámát hasonló hulladékfeldolgozó létesítmények tapasztalatainak felhasználásával állapították meg, a termelésben foglalkoztatottak háromműszakos munkarendjének figyelembevételével.

A Komplexum állományi létszámát a 27. táblázat tartalmazza.

*27. táblázat: A Komplexum állományi létszáma és a munkavállalói állomány foglalkoztatottsági ütemterve*

| Megnevezés | Létszám fő | 1 főre jutó munkabér ezer EUR-ban 2010. évi árakon | Éves béralap ezer EUR 2010. évi árakon | Létszám (fő) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016. | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021-2025 |
| **Üzemeltető személyzet** | | | | | | | | | | | | | | |
| Mérnökök | 8 | 1,50 | 144 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Technikusok | 40 | 1,10 | 528 | 20 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| **Üzemeltető segédszemélyzet** | | | | | | | | | | | | | | |
| Fizikai dolgozók | 10 | 0,70 | 84 | 0 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| **Üzemeltető személyzet összesen** | **58** | | **756** | **28** | **53** | **58** | **58** | **58** | **58** | **58** | **58** | **58** | **58** | **58** |

| Megnevezés | Lét-szám fő | 1 főre jutó munkabér ezer EUR-ban 2010. évi árakon | Éves béralap ezer EUR 2010. évi árakon | Létszám (fő) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016. | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021-2025 |
| **Kereskedelmi személyzet** | | | | | | | | | | | | | | |
| Értékesítési igazgató | 1 | 2,00 | 24 | | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Értékesítési menedzser | 3 | 1,30 | 47 | | 1,5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| **Kereskedelmi személyzet összesen** | **4** | | **71** | **0** | **2** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** | **4** |
| **Adminisztratív személyzet** | | | | | | | | | | | | | | |
| Vezérigazgató | 1 | 3,60 | 43 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Főkönyvelő | 1 | 1,50 | 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Főmérnök | 1 | 2,20 | 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Menedzserek | 6 | 1,30 | 94 | 1 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Kisegítő személyzet | 8 | 1,00 | 96 | 2 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| **Adminisztratív személyzet összesen** | **17** | | **277** | **6** | **10** | **17** | **17** | **17** | **17** | **17** | **17** | **17** | **17** | **17** |
| **ÖSSZESEN** | **79** | | **1 104** | **34** | **65** | **79** | **79** | **79** | **79** | **79** | **79** | **79** | **79** | **79** |

Az állományi létszámkeretnek megfelelően a Komplexum termelő személyzetének és termelő segédszemélyzetének együttes létszáma 58 főt tesz ki a második évre, miután a Komplexum elérte a terv szerinti kapacitását. A termelő személyzet toborzása legkésőbb 2 hónappal a termelés beindítása előtt zajlik le. A felvett munkavállalók kötelesek üzembiztonsági képzésen részt venni és vizsgát tenni.

#### 4.2.3.2. Az üzemeltető személyzet bérköltségének értékelése

A jelenlegi üzleti tervben a bérköltséghez tartoznak az alábbiak:

- az állományi létszámmal összhangban a betöltött pozíciókhoz tervezett bérjuttatások összegei (27. táblázat).

*28. táblázat: Az üzemeltető személyzet bérköltsége a 2011-2025 közötti időszakra (ezer EUR)*

| Költség-tétel | Mérték-egység | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Munkabér emelkedése (Fogyasztói árindex) | % | **4,0%** | **5,6%** | **5,6%** | **4,8%** | **5,1%** | **6,5%** | **6,3%** | **6,2%** | **6,2%** | **6,2%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** |
| **Üzemeltető személyzet** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Mérnökök** | **ezer EUR** | **144** | **152** | **161** | **168** | **177** | **188** | **200** | **212** | **226** | **239** | **253** | **266** | **281** | **296** | **313** |
| Létszám | fő | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | **1,50** | **1,58** | **1,67** | **1,75** | **1,84** | **1,96** | **2,08** | **2,21** | **2,35** | **2,49** | **2,63** | **2,77** | **2,93** | **3,09** | **3,26** |
| **Technikusok** | **ezer EUR** | **264** | **557** | **589** | **616** | **648** | **690** | **733** | **779** | **827** | **878** | **926** | **977** | **1 030** | **1 087** | **1 146** |
| Létszám | fő | **20** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** | **40** |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | **1,10** | **1,16** | **1,23** | **1,28** | **1,35** | **1,44** | **1,53** | **1,62** | **1,72** | **1,83** | **1,93** | **2,03** | **2,15** | **2,26** | **2,39** |
| **Üzemeltető segédszemélyzet** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Fizikai dolgozók** | **ezer EUR** | **0** | **44** | **94** | **98** | **103** | **110** | **117** | **124** | **132** | **140** | **147** | **155** | **164** | **173** | **182** |
| Létszám | fő | **0** | **5** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** | **10** |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | **0,70** | **0,74** | **0,78** | **0,82** | **0,86** | **0,91** | **0,97** | **1,03** | **1,10** | **1,16** | **1,23** | **1,29** | **1,37** | **1,44** | **1,52** |
| Bér járulékok | ezer EUR | **126** | **233** | **260** | **272** | **287** | **305** | **324** | **344** | **366** | **388** | **409** | **432** | **456** | **480** | **506** |

A üzemeltető termelő személyzet bérköltségét a foglalkoztatási ütemterv alapján számították ki (lásd a 4.2.3.1. pontot). A szóban forgó adatokat a 28. számú táblázat foglalja magába.

A jelenlegi üzleti tervben az üzemeltető személyzet esetében időbéres fizetési rendszert határoznak meg. Az üzemeltető személyzet bérköltségébe beépítik a munkabérek éves indexálását a fogyasztói árindex mértékével.

### *4.2.4. Kereskedelmi költségterv*

Az üzleti tervben a kereskedelmi költségterv kidolgozásakor a Komplexum termékeinek, áruinak, munkáinak és szolgáltatásainak értékesítésével kapcsolatosan felmerülő költségeket veszik figyelembe, beleértve

- a kereskedelmi személyzet bérköltségét;
- a reklámköltségeket, illetve a marketingkutatások ráfordításait.

#### 4.2.4.1. A kereskedelmi személyzet bérköltsége

A kereskedelmi állomány bérköltségét az állományi létszám és a foglalkoztatási ütemterv alapján állapítják meg (29. táblázat). A kereskedelmi személyzet felvétele 2012. II. félévétől kezdődik.

A jelenlegi üzleti tervben a kereskedelmi állomány esetében időbéres fizetési rendszert határoznak meg a munkabér éves indexálásával, amelyet a fogyasztói árindex figyelembevételével végeznek.

#### 4.2.4.2. Reklámköltségek és marketingkutatási ráfordítások

A jelenlegi üzleti tervben a reklám- és marketingkutatási költségelőirányzat a Komplexum termékértékesítési és hulladékhasznosítási tevékenységéből származó bevétel 0,01%-a. A reklám- és marketingkutatási ráfordítások elszámolása a 30. táblázatban található.

*29. táblázat: A kereskedelmi személyzet bérköltsége a 2011-2025 közötti időszakra vonatkozóan (ezer EUR)*

| Költségtétel | Mérték-eg ység | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Munkabér emelkedése (fogyasztói árindex)** | **%** | **4,0%** | **5,6%** | **5,6%** | **4,8%** | **5,1%** | **6,5%** | **6,3%** | **6,2%** | **6,2%** | **6,2%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** |
| **Értékesítési igazgató** | **ezer EUR** | **0** | **13** | **27** | **28** | **29** | **31** | **33** | **35** | **38** | **40** | **42** | **44** | **47** | **49** | **52** |
| Létszám | fő | | **0,5** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | **2,00** | **2,11** | **2,23** | **2,34** | **2,45** | **2,61** | **2,78** | **2,95** | **3,13** | **3,33** | **3,51** | **3,70** | **3,90** | **4,12** | **4,34** |
| **Értékesítési menedzser** | **ezer EUR** | **0** | **25** | **52** | **55** | **57** | **61** | **65** | **69** | **73** | **78** | **82** | **87** | **91** | **96** | **102** |
| Létszám | fő | **0** | **1,5** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** | **3** |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | **1,30** | **1,37** | **1,45** | **1,52** | **1,59** | **1,70** | **1,81** | **1,92** | **2,04** | **2,16** | **2,28** | **2,40** | **2,54** | **2,68** | **2,82** |
| Bér járulékok | ezer EUR | **0** | **12** | **24** | **26** | **27** | **29** | **30** | **32** | **34** | **36** | **38** | **40** | **43** | **45** | **47** |

*30. táblázat: Reklám- és marketingkutatási költségek a 2011-2025 közötti időszakra vonatkozóan (ezer EUR)*

| Költségtétel | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Értékesítés árbevétele (ÁFA nélkül) | **0** | **16 051** | **16 669** | **17 427** | **18 440** | **19 780** | **21 009** | **21 952** | **22 909** | **23 908** | **24 944** | **26 023** | **27 150** | **28 325** | **29 552** |
| Reklám- és marketingköltség előirányzata | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** | **0,1%** |
| Reklám -és marketingköltség (ÁFA nélkül) | **0** | **16** | **17** | **17** | **18** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **30** |

### *4.2.5. Irányítási és általános költségterv*

#### 4.2.5.1. Az adminisztratív-irányítási személyzet bérköltsége

Az adminisztratív-irányítási állomány költségeit az állományi létszám és a foglalkoztatási ütemterv alapján állapítják meg (31. táblázat). Az adminisztratív-irányítási személyzet összlétszáma 17 fő.

A jelenlegi üzleti tervben az adminisztratív-irányítási személyzet esetében időbéres fizetési rendszert határoznak meg a munkabér éves indexálása mellett, amelyet a fogyasztói árindex emelkedésének figyelembevételével végeznek.

*31. táblázat: A Komplexum adminisztratív-irányítási személyzetének bérköltsége a 2011-2025 közötti időszakra vonatkozóan ezer EUR-ban (a fogyasztói árindex figyelembevételével)*

| Költségtétel | Mérték-egység | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Munkabér emelkedése (fogyasztói árindex) | % | 4,0% | 5,6% | 5,6% | 4,8% | 5,1% | 6,5% | 6,3% | 6,2% | 6,2% | 6,2% | 5,5% | 5,5% | 5,5% | 5,5% | 5,5% |
| **Vezérigazgató** | **ezer EUR** | **43** | **46** | **48** | **50** | **53** | **56** | **60** | **64** | **68** | **72** | **76** | **80** | **84** | **89** | **94** |
| Létszám | fő | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | 3,60 | 3,80 | 4,01 | 4,20 | 4,42 | 4,70 | 5,00 | 5,31 | 5,64 | 5,99 | 6,31 | 6,66 | 7,02 | 7,41 | 7,81 |
| **Főmérnök** | **ezer EUR** | **26** | **28** | **29** | **31** | **32** | **34** | **37** | **39** | **41** | **44** | **46** | **49** | **52** | **54** | **57** |
| Létszám | fő | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Havi illetmény összege | fő | 2,20 | 2,32 | 2,45 | 2,57 | 2,70 | 2,87 | 3,06 | 3,24 | 3,45 | 3,66 | 3,86 | 4,07 | 4,29 | 4,53 | 4,78 |
| **Főkönyvelő** | **ezer EUR** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **24** | **25** | **27** | **28** | **30** | **32** | **33** | **35** | **37** | **39** |
| Létszám | fő | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | 1,50 | 1,58 | 1,67 | 1,75 | 1,84 | 1,96 | 2,08 | 2,21 | 2,35 | 2,49 | 2,63 | 2,77 | 2,93 | 3,09 | 3,26 |
| **Menedzserek** | **ezer EUR** | **16** | **49** | **104** | **109** | **115** | **122** | **130** | **138** | **147** | **156** | **164** | **173** | **183** | **193** | **203** |
| Létszám | fő | 1 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Havi illetmény összege | ezer EUR | 1,30 | 1,37 | 1,45 | 1,52 | 1,59 | 1,70 | 1,81 | 1,92 | 2,04 | 2,16 | 2,28 | 2,40 | 2,54 | 2,68 | 2,82 |
| **Segédszemélyzet** | **ezer EUR** | **24** | **51** | **107** | **112** | **118** | **125** | **133** | **142** | **150** | **160** | **168** | **178** | **187** | **198** | **208** |
| Létszám | fő | 2 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Havi illetmény összege | % | 1,00 | 1,06 | 1,11 | 1,17 | 1,23 | 1,31 | 1,39 | 1,47 | 1,57 | 1,66 | 1,75 | 1,85 | 1,95 | 2,06 | 2,17 |
| Bér járulékok | **ezer EUR** | **39** | **59** | **95** | **100** | **105** | **112** | **119** | **126** | **134** | **142** | **150** | **158** | **167** | **176** | **186** |

#### 4.2.5.2. Általános költségek

Az üzleti terv tartalmazza az építési-szerelési munkák biztosításának és a vagyonbiztosítás költségeit. Az építési-szerelési munkák biztosítási költségeinek előirányzott összege (biztosítási díj) az építési-szerelési munkák és a szervizelt berendezések értékének 0,01%-a. A Komplexum vagyonbiztosításának éves díja a biztosítási összeg 0,01%-a, amely az épületek és berendezések komplex átlagos biztosítási díjának felel meg (a díj tartalmaz tűz- és árvízkár elleni, robbanás elleni, természeti katasztrófák elleni és harmadik személyek jogellenes cselekedetei elleni biztosítást). A biztosítási összeg megegyezik a Komplexum vagyonának fennmaradó értékével.

A 32. táblázatban található az építési-szerelési munkák biztosítási és a vagyonbiztosítás költségeinek előirányzata a 2011-től 2025-ig terjedő periódusra vonatkozóan.

*32. táblázat: Építési-szerelési munkák biztosítási és a vagyonbiztosítás költségei (ezer EUR)*

| Költségtétel | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Biztosítási díj (az építési-szerelési munkák értékének százalékában) | **0,01%** | | | | | | | | | | | | | | |
| Biztosítási díj (a vagyon százalékában) | | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** | **0,01%** |
| Építési-szerelési munkák biztosítási költségei (ÁFA nélkül) | **5** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** |
| Vagyonbiztosítás költsége (ÁFA nélkül) | **0** | **5** | **4** | **4** | **4** | **4** | **3** | **3** | **3** | **3** | **2** | **2** | **2** | **2** | **1** |

# 5. A PROJEKT MEGVALÓSULÁSÁNAK PÉNZÜGYI TERVE

## 5.1. A PROJEKT PÉNZÜGYI MODELLJÉNEK LEÍRÁSA

### *5.1.1. A pénzügyi modell és az alkalmazandó feltételek leírása*

A projekt hatékonyságának minősítésére alkalmazott pénzügyi-gazdasági modellt az ENSZ Iparfejlesztési Szervezetének (UNIDO) ajánlásai alapján állították fel. Az UNIDO megközelítési módja a projekt által generált pénzáramlások elemzésén alapul.

A modell kialakításakor a következő tényezőket vették figyelembe:

***A kutatás intervalluma***

A projektanalízis során 15 éves időszakot vizsgáltak, amely intervallum 2011. június 1-jén kezdődik és 2025. június 31-én fejeződik be. A Komplexum termelőtevékenységének beindítását 2012. III. negyedévétől tervezik, a teljes termelési kapacitást pedig 2012. IV. negyedévében érik el.

***Az elszámolási időszak hossza***

Az elszámolási időszak egy évnek (360 nap) felel meg. A kijelölt elszámolási időszak a projekthez elegendő részletességgel teszi lehetővé a pénzáramlások elemzését, illetve a projekt fő pénzügyi és gazdasági mutatói időbeli változásának értékelését.

***Pénznem***

A választott pénznem az euró (EUR).

***Az infláció figyelembevétele***

A projekt pénzügyi-gazdasági mutatóinak számítása ***folyó árakon*** történt. Az üzemeltetési, az adminisztratív és az egyéb költségeket az árak emelkedésének figyelembevételével állapították meg, ezért elvégezték a költségeknek az infláció mértékével történő indexálását.

A bérköltségek kalkulációja során ugyancsak elvégezték azok indexálását a prognosztizált fogyasztói árindex nagyságának figyelembevételével. Az általános költségek számításakor az előrejelzett termelői árindex figyelembevételével történt az indexálás.

*33. táblázat: Inflációs előrejelzés (%)*

| Mutató | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Termelői árindex** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Az infláció figyelembevétele a pénzügyi modellben | **3,2%** | **3,0%** | **3,0%** | **2,2%** | **2,5%** | **2,9%** | **2,7%** | **2,6%** | **2,6%** | **2,6%** | **2,4%** | **2,4%** | **2,4%** | **2,4%** | **2,4%** |
| **Fogyasztói árindex** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Az infláció figyelembevétele a pénzügyi modellben | **4,0%** | **5,6%** | **5,6%** | **4,8%** | **5,1%** | **6,5%** | **6,3%** | **6,2%** | **6,2%** | **6,2%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** | **5,5%** |

***Figyelembevett adók***

A vizsgálandó projekt számítási modelljében szereplő adókulcsok és költségvetési befizetések mértéke a jelenleg hatályos szabályozásnak felel meg. A projekt pénzügyi-gazdasági hatékonyságának elemzése céljából a számítások során a 34. táblázatban látható adófajtákat vették figyelembe.

***Projektfinanszírozási feltételek***

A jelenlegi üzleti tervben a projekt finanszírozása saját források terhére történik, beleértve a projekt beruházási fázisában (2011. év) felmerülő beruházási költségeket és folyó kiadásokat. A Projekt gazdasági mutatóinak azon értékelése, amely kiterjed a Projekt megvalósításához külső források (hitel) bevonásának hatásaira is, mellékletként kerül csatolásra jelen dokumentumhoz, miután a bank rendelkezésre bocsátotta a hitelfelvétel konkrét feltételeit.

### *5.1.2. A bevételek, valamint a befektetési és üzemeltetési ráfordítások összesített terve*

#### 5.1.2.1. A projekt bevételeinek összesített terve

A projekt bevételei a Komplexum termelési programján és marketingtervén alapulnak. A termelési prog-

*34. táblázat: Figyelembevett adók*

| Adó típusa | Adóalap | Adókulcs |
|---|---|---|
| Általános forgalmi adó (ÁFA) | Áru és szolgáltatás értékesítése, vagyoni jogok átadása | 25,0% |
| Vállalati nyereségadó | A szervezetek nyeresége | 18,0% |
| Bér járulékok : nyugdíjalapba, társadalombiztosítási alapba és kötelező egészségbiztosítási alapokba történő befizetés céljából | Munkabéralap | 28,5% |
| Telekadó | A telek értéke | 0,002% |

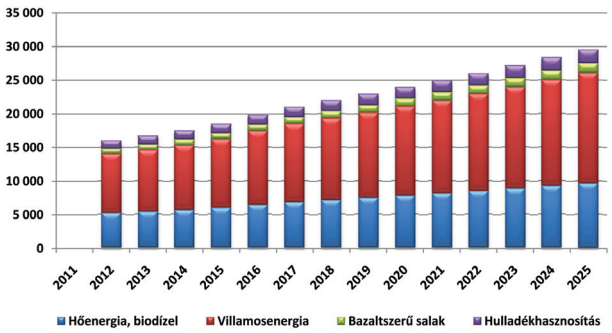
ram és a benne szereplő gyártási volumenek tükrözik a Komplexum fokozatos felfuttatását a tervezett kapacitás eléréséig. A termelési kapacitásokra vonatkozó adatokat a 4.1. fejezet tartalmazza.

A 35. táblázat mutatja be a Komplexum termék- és szolgáltatásértékesítéséből származó bevételt.

Az adatok alapján a Komplexum bevétele döntően az villamos energia értékesítéséből származik

*35. táblázat: Értékesítésből származó bevétel (ÁFA nélkül) ezer EUR-ban*

| Áru, munka és szolgáltatás megnevezése | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hőenergia, biodízel | 0 | 5 159 | 5 365 | 5 616 | 5 952 | 6 395 | 6 791 | 7 092 | 7 407 | 7 735 | 8 076 | 8 431 | 8 802 | 9 189 | 9 593 |
| Villamos energia | 0 | 8 862 | 9 216 | 9 648 | 10 225 | 10 987 | 11 668 | 12 185 | 12 725 | 13 289 | 13 874 | 14 484 | 15 122 | 15 787 | 16 481 |
| Bazaltszerű salak | 0 | 777 | 809 | 846 | 897 | 964 | 1 024 | 1 069 | 1 116 | 1 166 | 1 217 | 1 271 | 1 327 | 1 385 | 1 446 |
| Hulladék-hasznosítás | 0 | 1 253 | 1 279 | 1 317 | 1 366 | 1 434 | 1 526 | 1 606 | 1 661 | 1 718 | 1 777 | 1 837 | 1 900 | 1 964 | 2 031 |
| **Bevétel összesen:** | 0 | 16 051 | 16 669 | 17 427 | 18 440 | 19 780 | 21 009 | 21 952 | 22 909 | 23 908 | 24 944 | 26 023 | 27 150 | 28 325 | 29 552 |




*55. ábra: Értékesítésből származó bevétel termékek és szolgáltatások szerinti bontásban (ÁFA nélkül) ezer EUR-ban*

### 5.1.2.2. Beruházási költségek összesített terve

A 36. táblázat bemutatja a projekt beruházási költségtervét, amely az alábbi tételekből áll: tervezés, szükséges termelő- és segédberendezések beszerzése, illetve építési munkák.

*36. táblázat: A projekt beruházási költségei ezer EUR-ban*

| Beruházások | 2011 r. |
|---|---|
| Terv- és költségdokumentáció ezer EUR-ban | **3 880** |
| Berendezések ezer EUR-ban | **41 264** |
| Építési-szerelési munkálatok ezer EUR-ban | **4 406** |
| **ÖSSZESEN** | **47 278** |

### 5.1.2.3. A projekt folyó kiadásainak összesített terve

A projekt üzemeltetési költségeinek folyó árakon számított várható nagyságát a 37. táblázat tartalmazza.

*37. táblázat: A projekt üzemeltetési költség (ÁFA nélkül) ezer EUR-ban*

| Költségtétel megnevezése | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Javítási és üzemeltetési költségek | 0 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 | 1 446 |
| Termelő személyzet bérköltsége | 442 | 769 | 811 | 850 | 893 | 951 | 1 011 | 1 074 | 1 140 | 1 211 | 1 277 | 1 347 | 1 420 | 1 498 | 1 580 |
| Termelő személyzet bérköltsége utáni járulékfizetési kötelezettség | 126 | 219 | 231 | 242 | 255 | 271 | 288 | 306 | 325 | 345 | 364 | 384 | 405 | 427 | 450 |
| Termelő segédszemélyzet bérköltsége | 0 | 48 | 101 | 106 | 112 | 119 | 126 | 134 | 143 | 151 | 160 | 168 | 178 | 187 | 198 |
| Termelő segédszemélyzet bérköltsége utáni járulékfizetési kötelezettség | 0 | 14 | 29 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 41 | 43 | 45 | 48 | 51 | 53 | 56 |
| Értékcsökkenés | 0 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 | 2 478 |
| Építési-szerelési munkák biztosítása | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vagyonbiztosítás | 0 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Adminisztratív állomány bérköltsége | 138 | 209 | 335 | 351 | 368 | 392 | 417 | 443 | 470 | 499 | 527 | 556 | 586 | 618 | 652 |

| Költségtétel megnevezése | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Adminisztratív állomány bérköltsége utáni járulékfizetési kötelezettség | 39 | 59 | 95 | 100 | 105 | 112 | 119 | 126 | 134 | 142 | 150 | 158 | 167 | 176 | 186 |
| Kereskedelmi állomány bérköltsége | 0 | 40 | 85 | 90 | 94 | 100 | 107 | 113 | 120 | 128 | 135 | 142 | 150 | 158 | 166 |
| Kereskedelmi állomány bérköltsége utáni járulékfizetési kötelezettség | 0 | 12 | 24 | 26 | 27 | 29 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 43 | 45 | 47 |

### *5.1.3. A fizetendő adók összetétele és nagysága*

A projektre vonatkozóan várható adófizetési kötelezettségek a 38. táblázatban vannak feltüntetve.

### *5.1.4. Forgótőkeszükséglet számítása*

#### 5.1.4.1. Szabályozandó forgóeszközök

A forgótőkeigény kalkulációja során az alábbi, a Komplexum tevékenységi leírása alapján meghatározott paramétereket vették figyelembe.

***Nyersanyag- és anyagkészletek***

Az üzleti tervben a feltételezések szerint termelési készletek csak a javítási és üzemeltetési igények kielégítéséhez szükséges anyagokból és alkatrészekből képződhetnek. A számítások során feltételezték, hogy a készlet forgási sebessége a javítási és üzemeltetési igények kielégítéséhez szükséges anyagok és alkatrészek esetében 30 nap.

***Befejezetlen termelés és raktáron levő késztermékkészlet***

A kalkuláció során a modellben azt feltételezték, hogy a termék (bazaltszerű salak) szállítása napi szinten történik, a termékből nem képződik raktáron biztonsági készlet.

***Követelések áruszállításból és szolgáltatásból (Vevők)***

A számítások során abból a feltevésből indultak ki, hogy a teljes termékállományt (100%) hitelbe szállítják le a vevőknek. A hitelezés időtartam 60 nap.

***Készletekre adott előlegek (szállítóknak)***

***Pénzeszköztartalék***

A kalkuláció készítésekor a kiindulási alap az volt, hogy a képzett pénzeszköztartalék legalább hétnapnyi szükségletet fedezzen.

#### 5.1.4.2. Szabályozandó rövidlejáratú kötelezettségek

***Kötelezettségek áruszállításból és szolgáltatásból (Szállítók)***

Az anyagi forrásoknak a fizetési haladékkal megkapott része 100%-t tesz ki. Feltételezik, hogy 60 napos fizetési haladékkal kell számolni.

***Vevőktől kapott előlegek***

Nincs előrefizetéssel történő szállítás.

***Munkavállalókkal szembeni kötelezettségek***

A munkavállalókkal a munkabérek elszámolása havonta egy alkalommal történik meg.

A forgótőkeigényre vonatkozó adatokat a 39. táblázat tartalmazza.

*38. táblázat: A projekt szerint fizetendő adók (ezer EUR)*

| Megnevezés | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Társadalombiztosítási járulék | 165 | 304 | 380 | 398 | 418 | 445 | 473 | 503 | 534 | 567 | 598 | 631 | 665 | 701 | 740 |
| Ingatlanadó | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Telekadó | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nyereségadó | 0 | 1 758 | 1 982 | 2 096 | 2 270 | 2 449 | 2 678 | 2 833 | 2 980 | 3 123 | 3 249 | 3 461 | 3 626 | 3 818 | 4 007 |
| **Adófizetési kötelezettségek összesen** | 165 | 2 061 | 2 362 | 2 494 | 2 688 | 2 895 | 3 152 | 3 335 | 3 513 | 3 690 | 3 847 | 4 092 | 4 291 | 4 519 | 4 747 |

*39. táblázat: A projekt forgótőkéjének nagysága ezer EUR-ban*

| Megnevezés | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Forgóeszközök összesen | 22 | 372 | 386 | 397 | 409 | 433 | 444 | 455 | 469 | 484 | 505 | 512 | 529 | 544 | 561 |
| Rövidlejáratú kötelezettségek összesen | 40 | 923 | 1 012 | 1 064 | 1 137 | 1 223 | 1 316 | 1 385 | 1 452 | 1 521 | 1 587 | 1 673 | 1 751 | 1 836 | 1 923 |
| A társaság forgótőkéje | -18 | -550 | -626 | -666 | -728 | -790 | -872 | -929 | -984 | -1 037 | -1 082 | -1 161 | -1 221 | -1 292 | -1 362 |
| **A forgótőke változása** | -18 | -532 | -75 | -41 | -61 | -62 | -82 | -57 | -54 | -53 | -46 | -78 | -60 | -71 | -70 |

## 5.2. PÉNZÜGYI BESZÁMOLÓPROGNÓZISOK

### *5.2.1. Nyereség-veszteség elszámolás*

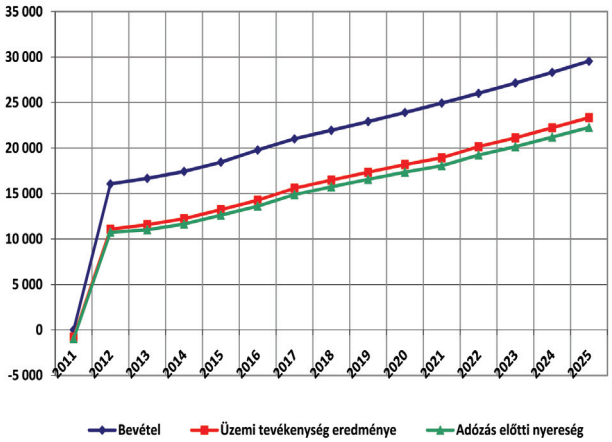
A nyereség-veszteség elszámolásra vonatkozó prognózist a 40. táblázat mutatja be.

A projekt nettó bevételének, üzemi tevékenység eredménye a vizsgált időszak alatti dinamikája az 56. ábrán látható.

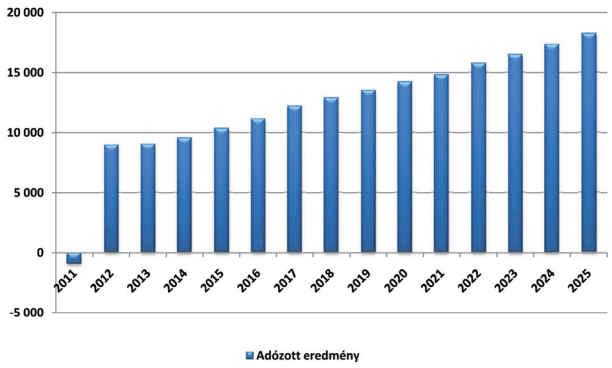
A projekt már 2012-ben elkezd nyereséget termelni. A vizsgált időszak végére az adózott eredmény éves nagysága a várakozások szerint elérheti a **18 254 ezer EUR**-t.

*40. táblázat: Nyereség-veszteség elszámolásra vonatkozó prognózis (ezer EUR)*

| Megnevezés | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bevétel** | **0** | **16 051** | **16 669** | **17 427** | **18 440** | **19 780** | **21 009** | **21 952** | **22 909** | **23 908** | **24 944** | **26 023** | **27 150** | **28 325** | **29 552** |
| **Önköltség** | **796** | **4 977** | **5 101** | **5 200** | **5 218** | **5 519** | **5 436** | **5 479** | **5 574** | **5 727** | **6 018** | **5 872** | **6 034** | **6 091** | **6 209** |
| azon belül | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nyersanyag és anyagok | **0** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** | **1 446** |
| Termelő személyzet bérköltsége (a levonások figyelembevételével) | **568** | **1 049** | **1 173** | **1 229** | **1 291** | **1 375** | **1 461** | **1 552** | **1 648** | **1 750** | **1 846** | **1 947** | **2 053** | **2 166** | **2 284** |
| Egyéb gyártási költségek | **228** | **5** | **4** | **48** | **4** | **221** | **51** | **3** | **3** | **54** | **249** | **2** | **57** | **2** | **1** |
| Értékcsökkenési leírás | **0** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** | **2 478** |
| **Üzemi tevékenység eredménye** | **-796** | **11 074** | **11 568** | **12 227** | **13 222** | **14 260** | **15 573** | **16 474** | **17 335** | **18 181** | **18 925** | **20 151** | **21 116** | **22 234** | **23 342** |
| Adminisztratív és kereskedelmi állomány bérköltsége (a levonások figyelembevételével) | **177** | **320** | **540** | **566** | **594** | **633** | **673** | **714** | **759** | **806** | **850** | **896** | **945** | **997** | **1 051** |
| Marketing- és reklámráfordítások | **0** | **16** | **17** | **17** | **18** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **30** |
| Adók (a nyereségadó kivételével) | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** |
| **Adózás előtti nyereség** | **-973** | **10 738** | **11 011** | **11 644** | **12 609** | **13 608** | **14 880** | **15 737** | **16 553** | **17 352** | **18 051** | **19 229** | **20 144** | **21 209** | **22 261** |
| Nyereségadó | **0** | **1 758** | **1 982** | **2 096** | **2 270** | **2 449** | **2 678** | **2 833** | **2 980** | **3 123** | **3 249** | **3 461** | **3 626** | **3 818** | **4 007** |
| **Adózott eredmény** | **-973** | **8 980** | **9 029** | **9 548** | **10 339** | **11 158** | **12 201** | **12 904** | **13 574** | **14 228** | **14 802** | **15 767** | **16 518** | **17 391** | **18 254** |
| *Adózás, kamatfizetés és értékcsökkenési leírás előtti nyereség (EBITDA)* | **-973** | **13 215** | **13 489** | **14 121** | **15 087** | **16 085** | **17 357** | **18 215** | **19 031** | **19 829** | **20 528** | **21 706** | **22 621** | **23 687** | **24 739** |
| *Kamatfizetés és adózás előtti eredmény (EBIT)* | **-973** | **10 738** | **11 011** | **11 644** | **12 609** | **13 608** | **14 880** | **15 737** | **16 553** | **17 352** | **18 051** | **19 229** | **20 144** | **21 209** | **22 261** |




*56. ábra: A projekt bevételének, üzemi tevékenység eredménye és adózás előtti nyereségének dinamikája*




*57. ábra: A projekt adózott eredmény időbeli változása*

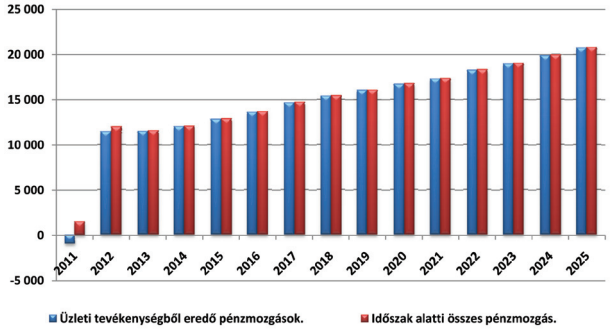
### *5.2.2. Pénzforgalmi beszámoló*

A 41. táblázat tartalmazza a pénzforgalmi beszámolóprognózist.

*41. táblázat: Pénzforgalmi beszámoló prognózis (ezer EUR)*

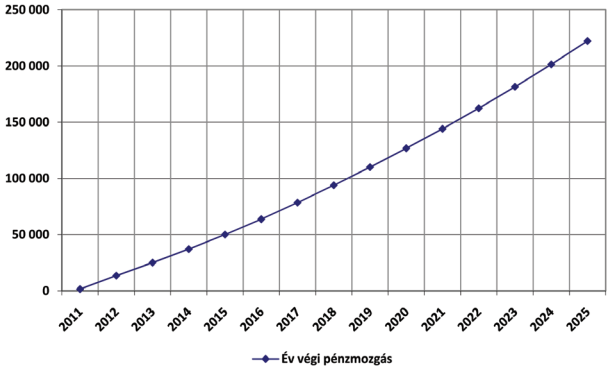
| Pénzforgalmi beszámoló | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Értékesítésből származó bevételek** | **0** | **16 051** | **16 669** | **17 427** | **18 440** | **19 780** | **21 009** | **21 952** | **22 909** | **23 908** | **24 944** | **26 023** | **27 150** | **28 325** | **29 552** |
| Anyag- és alkatrészráfordítások | **0** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** | **-1 446** |
| Munkabér a járulékfizetési kötelezettségek figyelembevételével | **745** | **1 369** | **1 713** | **1 794** | **1 885** | **2 008** | **2 134** | **2 266** | **2 407** | **2 556** | **2 696** | **2 843** | **2 999** | **3 163** | **3 336** |
| Termelési, kereskedelmi és adminisztratív kiadások költségek | **-228** | **-21** | **-21** | **-65** | **-22** | **-241** | **-72** | **-25** | **-26** | **-78** | **-274** | **-28** | **-84** | **-30** | **-31** |
| Adók | **0** | **-1 758** | **-1 982** | **-2 096** | **-2 270** | **-2 449** | **-2 678** | **-2 833** | **-2 980** | **-3 123** | **-3 249** | **-3 461** | **-3 626** | **-3 818** | **-4 007** |
| **Üzemi tevékenységből eredő pénzmozgások** | **-973** | **11 458** | **11 507** | **12 025** | **12 817** | **13 636** | **14 679** | **15 382** | **16 051** | **16 706** | **17 279** | **18 245** | **18 995** | **19 869** | **20 732** |
| Berendezésekbe és egyéb eszközökbe történő beruházások | **-49 551** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** |
| Forgótőke növekménye | **18** | **532** | **75** | **41** | **61** | **62** | **82** | **57** | **54** | **53** | **46** | **78** | **60** | **71** | **70** |
| **Beruházási tevékenységből származó pénzmozgások** | **-49 533** | **532** | **75** | **41** | **61** | **62** | **82** | **57** | **54** | **53** | **46** | **78** | **60** | **71** | **70** |
| Saját tőke bevételek | **52 028** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| **Pénzügyi tevékenységből eredő pénzmozgások** | **52 028** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** |
| **Időszak alatti pénzmozgások összesen** | **1 523** | **11 990** | **11 582** | **12 066** | **12 878** | **13 698** | **14 761** | **15 439** | **16 106** | **16 759** | **17 325** | **18 323** | **19 056** | **19 940** | **20 802** |
| Pénzeszközök az időszak elején | **0** | **1 523** | **13 513** | **25 095** | **37 161** | **50 039** | **63 737** | **78 498** | **93 937** | **110 043** | **126 802** | **144 127** | **162 450** | **181 506** | **201 446** |
| Pénzeszközök az időszak végén | **1 523** | **13 513** | **25 095** | **37 161** | **50 039** | **63 737** | **78 498** | **93 937** | **110 043** | **126 802** | **144 127** | **162 450** | **181 506** | **201 446** | **222 247** |

A szabad pénzeszközök mozgásának, kiáramlásának és nagyságának időbeli változását az 58. ábra szemlélteti. A projekt a megvalósítás teljes időtartama alatt rendelkezik tartalék pénzeszközökkel.




*58. ábra: A Projekthez kapcsolódó pénzforgalom*

A projekt szerinti pénzeszköz-maradvány várható nagyságát az 59. számú ábra mutatja be. A projekt a szabad pénzeszközök stabil növekedését mutatja a megvalósulás első évétől.




*59. ábra: A Projekt pénzeszközmaradványának dinamikája*

### *5.2.3. Mérleg terv*

A mérlegprognózist a 42. táblázat mutatja be.

*42. táblázat: Mérleg terv (ezer EUR)*

| Mérleg-előrejelzés | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pénzeszközök | 1 542 | 13 568 | 25 157 | 37 225 | 50 104 | 63 809 | 78 569 | 94 010 | 110 118 | 126 881 | 144 213 | 162 534 | 181 594 | 201 536 | 222 341 |
| Követelések áruszállításból és szolgáltatásból (Vevők) | 0 | 178 | 185 | 194 | 205 | 220 | 233 | 244 | 255 | 266 | 277 | 289 | 302 | 315 | 328 |
| Fizetett előlegek | 3 | 18 | 18 | 19 | 18 | 21 | 19 | 18 | 18 | 19 | 21 | 18 | 19 | 18 | 18 |
| Anyagok és alkatrészek | 0 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Aktív időbeli elhatárolások | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Forgóeszköz összesen** | 1 545 | 13 885 | 25 481 | 37 558 | 50 448 | 64 170 | 78 942 | 94 393 | 110 512 | 127 287 | 144 632 | 162 962 | 182 035 | 201 990 | 222 808 |
| Befektetett eszközök | 0 | 47 073 | 44 596 | 42 118 | 39 641 | 37 163 | 34 685 | 32 208 | 29 730 | 27 253 | 24 775 | 22 298 | 19 820 | 17 343 | 14 865 |
| Befejezetlen beruházások | 49 551 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Befektetett eszközök összesen** | 49 551 | 47 073 | 44 596 | 42 118 | 39 641 | 37 163 | 34 685 | 32 208 | 29 730 | 27 253 | 24 775 | 22 298 | 19 820 | 17 343 | 14 865 |
| **ESZKÖZÖK ÖSSZESEN** | 51 095 | 60 958 | 70 076 | 79 676 | 90 089 | 101 333 | 113 628 | 126 601 | 140 242 | 154 539 | 169 407 | 185 260 | 201 856 | 219 332 | 237 673 |
| Kötelezettségek áruszállításból és szolgáltatásból (Szállítók) | 2 | 12 | 12 | 13 | 12 | 14 | 13 | 12 | 12 | 13 | 14 | 12 | 13 | 12 | 12 |
| Adók fizetési kötelezettségek | 14 | 465 | 527 | 557 | 602 | 649 | 709 | 750 | 789 | 828 | 862 | 918 | 962 | 1 013 | 1 063 |
| Személyi jellegű kifizetések | 24 | 44 | 56 | 58 | 61 | 65 | 69 | 73 | 78 | 83 | 87 | 92 | 97 | 103 | 108 |
| Vevőktől kapott előlegek | 0 | 401 | 417 | 436 | 461 | 494 | 525 | 549 | 573 | 598 | 624 | 651 | 679 | 708 | 739 |
| **Rövidlejáratú Kötelezettségek összesen** | 40 | 923 | 1 012 | 1 064 | 1 137 | 1 223 | 1 316 | 1 385 | 1 452 | 1 521 | 1 587 | 1 673 | 1 751 | 1 836 | 1 923 |
| Hosszúlejáratú Kötelezettségek | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tulajdonosi töke | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 | 52 028 |
| Felosztatlan nyereség | -973 | 8 007 | 17 036 | 26 584 | 36 924 | 48 082 | 60 283 | 73 188 | 86 762 | 100 990 | 115 791 | 131 559 | 148 077 | 165 468 | 183 723 |
| **Saját tőke összesen** | 51 056 | 60 036 | 69 065 | 78 613 | 88 952 | 100 110 | 112 311 | 125 216 | 138 790 | 153 018 | 167 820 | 183 587 | 200 105 | 217 496 | 235 751 |
| **= FORRÁSOK ÖSSZESEN** | 51 095 | 60 958 | 70 076 | 79 676 | 90 089 | 101 333 | 113 628 | 126 601 | 140 242 | 154 539 | 169 407 | 185 260 | 201 856 | 219 332 | 237 673 |

## 5.3. A FIZETŐKÉPESSÉGRE VONATKOZÓ MUTATÓK SZÁMÍTÁSA ÉS ELEMZÉSE

Minden egyes tevékenység esetében a következő főbb pénzügyi mutatókat számítjuk (43. táblázat):

**Gazdaságossági mutatók**

- eszközök gazdaságossága (a üzemi nyereség és az összes eszköz egymáshoz viszonyított aránya);
- befektetett eszközök gazdaságossága (a üzemi nyereség és az összes befektetett eszköz egymáshoz viszonyított aránya);
- folyó kiadások az értékesítés árbevételéhez viszonyítva (az értékesített áruk önköltségének és az értékesítés – ÁFA nélküli – árbevételének egymáshoz viszonyított aránya);
- értékesítés jövedelmezősége (a üzemi nyereség és az – ÁFA nélküli – árbevétel egymáshoz viszonyított aránya).

**Megtérülési mutatók**

- eszközök megtérülése (meghatározása: ÁFA nélküli – árbevétel és az összes eszköz egymáshoz viszonyított aránya);
- saját tőke megtérülése (meghatározása: ÁFA nélküli – árbevétel és az összes saját tőke egymáshoz viszonyított aránya);
- befektetett eszközök megtérülése (meghatározása: ÁFA nélküli – árbevétel és az összes befektetett eszköz egymáshoz viszonyított aránya).

**Likviditási mutatók**

- azonnali likviditási ráta (meghatározása: pénzeszközök + követelések áruszállításból és szolgáltatásból (vevők) + késztermékek együttes viszonya az összes rövidlejáratú kötelezettséghez);
- abszolút likviditási ráta (meghatározása: a pénzeszközök és az összes rövidlejáratú kötelezettség egymáshoz viszonyított aránya);
- tiszta forgótőke (meghatározása: az összes forgóeszköz és az összes rövidlejáratú kötelezettség különbsége).

**Pénzügyi stabilitási mutatók**

- általános fizetőképességi mutató (meghatározása: az összes saját tőke és az összes forrás egymáshoz viszonyított aránya);
- saját tőke aránya (meghatározása: az összes saját tőke viszonya a rövid- és hosszúlejáratú kötelezettségek együttes összegéhez).

**A táblázatban rögzített mutatók elemzése kimutatja, hogy a magas jövedelmezőségi rátáknak köszönhetően a Komplexum nagyfokú pénzügyi stabilitással rendelkezik a prognosztizált időszakra.**

*43. táblázat: Fő pénzügyi mutatók*

| Fizetőképességre vonatkozó mutatók | Mértékegység | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Eszközök gazdaságossága | % | -1,9% | 14,7% | 12,9% | 12,0% | 11,5% | 11,0% | 10,7% | 10,2% | 9,7% | 9,2% | 8,7% | 8,5% | 8,2% | 7,9% | 7,7% |
| Befektetett eszközök gazdaságossága | % | -2,0% | 19,1% | 20,2% | 22,7% | 26,1% | 30,0% | 35,2% | 40,1% | 45,7% | 52,2% | 59,7% | 70,7% | 83,3% | 100,3% | 122,8% |
| Bevétel arányos erdmény viszonya | % | - | 31,0% | 30,6% | 29,8% | 28,3% | 27,9% | 25,9% | 25,0% | 24,3% | 24,0% | 24,1% | 22,6% | 22,2% | 21,5% | 21,0% |
| Értékesítés jövedelmezősége | % | - | 55,9% | 54,2% | 54,8% | 56,1% | 56,4% | 58,1% | 58,8% | 59,2% | 59,5% | 59,3% | 60,6% | 60,8% | 61,4% | 61,8% |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eszközök megtérülése | arány | 0,00 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,20 | 0,20 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,12 |
| Saját tőke megtérülése | arány | 0,00 | 0,27 | 0,24 | 0,22 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,13 |
| Befektetett eszközök megtérülése | arány | 0,00 | 0,34 | 0,37 | 0,41 | 0,47 | 0,53 | 0,61 | 0,68 | 0,77 | 0,88 | 1,01 | 1,17 | 1,37 | 1,63 | 1,99 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azonnali likviditási ráta | arány | 38,72 | 15,03 | 25,17 | 35,29 | 44,37 | 52,45 | 59,97 | 68,16 | 76,08 | 83,65 | 91,10 | 97,40 | 103,97 | 110,02 | 115,87 |
| Abszolút likviditási ráta | arány | 38,72 | 14,71 | 24,87 | 35,00 | 44,08 | 52,17 | 59,70 | 67,90 | 75,82 | 83,40 | 90,85 | 97,16 | 103,73 | 109,78 | 115,64 |
| Tiszta forgóeszköz | | 1 505 | 12 962 | 24 469 | 36 495 | 49 311 | 62 947 | 77 626 | 93 008 | 109 059 | 125 765 | 143 044 | 161 289 | 180 285 | 200 154 | 220 886 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Általános fizetőképességi mutató | arány | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Saját tőke aránya | arány | 1282,00 | 65,07 | 68,27 | 73,91 | 78,26 | 81,85 | 85,34 | 90,43 | 95,56 | 100,58 | 105,72 | 109,74 | 114,31 | 118,47 | 122,62 |

### 5.4. FAJLAGOS MUTATÓK SZÁMÍTÁSA (A FELDOLGOZANDÓ HULLADÉK 1 TONNÁNYI MENNYISÉGÉRE VETÍTVE)

A 44. táblázat mutatja be a projekt fajlagos mutatóinak számításait (1 tonna feldolgozandó hulladékra vetítve).

**ÖSSZEFOGLALÁS - „A Projekt megvalósulásának pénzügyi terve" fejezet**

1. A projektanalízis 15 éves időszakot ölelt fel: 2011. január 1-től 2025. december 31-ig. Azért határoztak meg ilyen hosszúságú intervallumot, hogy a Projekt gazdasági mutatóit hosszú távon lehessen értékelni.
2. A projekt bevételei a termelési terven, valamint a marketingterven alapulnak:
   - a termelési terv és a benne foglalt termelési volumenadatok tükrözik azt, hogy a Komplexum fokozatosan éri el terv szerinti kapacitását;
   - a marketingterv információkat tartalmaz az előállított termékek árára, a vevőkkel folytatott elszámolásokra, a vevők differenciálására vonatkozóan.
3. A projekt beruházási ráfordításai magukba foglalják a tervezés, a szükséges termelő- és segédberendezések beszerzésének, illetve az építési munkák költségeit, amelyek 49 551 ezer EUR-t tesznek ki 2011-ben.
4. 2012-től kezdődően a projekt éves üzemi nyeresége meghaladja a 8 980 ezer EUR-t.
5. A megvalósulás első évétől kezdődően a Projekt a szabad pénzeszközök stabil növekedését kezdi generálni.

## 6. A PROJEKT GAZDASÁGI HATÉKONYSÁGÁNAK ÉS BERUHÁZÁSI VONZEREJÉNEK ÉRTÉKELÉSE

### 6.1. AZ ALKALMAZANDÓ LESZÁMÍTOLÁSI KAMATLÁB KIVÁLASZTÁSA

A Nemzeti Fejlesztési Ügynökség javaslatának megfelelően a vizsgált projekthez 8%-os diszkontráta határoztak meg.

### 6.2. A PROJEKT BEFEKTETÉSI VONZEREJÉRE VONATKOZÓ MUTATÓK SZÁMÍTÁSA

A projekthatékonyság értékelését a teljes beruházási költség hatékonyságának minősítési módszerével végezték, amely módszer jellemzi a projektötlet hatékonyságát is. A pénzforgalom kalkulációja során az adott módszer esetében nem veszik figyelembe a projekt finanszírozásával kapcsolatos pénzforgalmakat.

A projektfejlesztés legvalószínűbb változatához készített nettó pénzforgalmi számítást a 45. táblázat mutatja be. A pénzforgalom kalkulációja során a teljes beruházási költség hatékonyságának értékelési módszere nem veszi figyelembe a részvénytőkéből, a célfinanszírozásból, a hitelekből származó költséget, az osztalékok kifizetését és a projekt maradványösszegét.

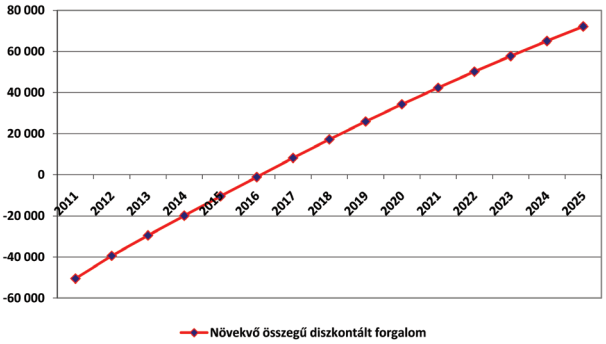
*44. táblázat: A projekt fő pénzügyi mutatói ezer EUR-ban (1 tonna feldolgozandó hulladékra vetítve)*

| Megnevezés | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Árbevétel (ezer EUR-ban és 1 tonna hulladékra vetítve) | 0,00 | 0,41 | 0,43 | 0,44 | 0,47 | 0,50 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,66 | 0,69 | 0,72 | 0,75 |
| Üzleti ráfordítások (ezer EUR-ban és 1 tonna hulladékra vetítve) | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,19 |
| EBITDA (ezer EUR-ban és 1 tonna hulladékra vetítve) | 0,00 | 0,34 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,46 | 0,49 | 0,51 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,60 | 0,63 |
| Szabad pénzeszközök (ezer EUR-ban és 1 tonna hulladékra vetítve) | 0,00 | 0,31 | 0,30 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,38 | 0,39 | 0,41 | 0,43 | 0,44 | 0,47 | 0,49 | 0,51 | 0,53 |
| Üzemi nyereség (ezer EUR-ban és 1 tonna hulladékra vetítve) | 0,00 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,38 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,47 |

*45. táblázat: A projekt nettó pénzforgalma ezer EUR-ban*

| Megnevezés | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Üzleti tevékenységből eredő pénzforgalom | -973 | 11 458 | 11 507 | 12 025 | 12 817 | 13 636 | 14 679 | 15 382 | 16 051 | 16 706 | 17 279 | 18 245 | 18 995 | 19 869 | 20 732 |
| Beruházási tevékenységből származó pénzforgalom | -49 533 | 532 | 75 | 41 | 61 | 62 | 82 | 57 | 54 | 53 | 46 | 78 | 60 | 71 | 70 |

| Megnevezés | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nettó pénzforgalom | -50 505 | 11 990 | 11 582 | 12 066 | 12 878 | 13 698 | 14 761 | 15 439 | 16 106 | 16 759 | 17 325 | 18 323 | 19 056 | 19 940 | 20 802 |
| Diszkontált nettó pénzforgalom | -50 505 | 11 102 | 9 930 | 9 578 | 9 466 | 9 323 | 9 302 | 9 008 | 8 701 | 8 384 | 8 025 | 7 859 | 7 567 | 7 332 | 7 082 |
| Növekvő összegű diszkontált forgalom | -50 505 | -39 403 | -29 474 | -19 895 | -10 429 | -1 107 | 8 195 | 17 204 | 25 905 | 34 289 | 42 314 | 50 172 | 57 739 | 65 071 | 72 153 |




*60. ábra: A projekt növekvő összegű diszkontált forgalma (ezer EUR)*

## 6.3. A PROJEKT GAZDASÁGI HATÉKONYSÁGI MUTATÓI

A Komplexum építési projekthatékonyságának értékeléséhez a gázbeton gyártásra vonatkozóan kiválasztott fő mutatók az alábbiak:

- Nettó jelenérték (NPV);
- Belső megtérülési ráta (IRR);
- Megtérülési idő (PBP);
- Diszkontált megtérülési idő (DPBP);
- Jövedelmezőségi index (PI).

***Nettó jelenérték (NPV)*** – a vizsgált beruházási projekthez tartozó pénzáramlások (bevételek és kiadások) egy közös időpontra diszkontált értékének egyenlege az elvárt jövedelmezőségi szint figyelembevételével a jelen pillanatban.

A nettó jelenérték pozitív értéke azt jelenti, hogy a vizsgált projekt magasabb jövedelmezőséggel bír, mint a beruházási tőkepiacon elvárt diszkontláb adott kockázati szintnél.

***Belső megtérülési ráta (IRR)*** – a beruházási projekt jövedelmezőségének pozitív rátája, megmutatja a bevont tőkének azt a maximális értékét, amely mellett a vizsgált projekt még nem veszteséges, vagyis a belső megtérülési ráta az a leszámítolási kamatláb, amely mellett a projekt nettó jelentértéke 0.

A belső megtérülési rátát úgy is lehet vizsgálni, mint az értékelt projektbe fektetett tőke jövedelmezőségének alsó garantált szintjét.

***Megtérülési idő (PBP)*** – megmutatja azt az időintervallumot, amely ahhoz szükséges, hogy a befektetések által generált bevételek fedezzék a beruházási költségeket.

***Diszkontált megtérülési idő (DPBP)*** – hasonló a megtérülési idő mutatóhoz, ugyanakkor a számítása során figyelembe veszik a pénzforgalom ideiglenes értékét, ily módon azt az időtartamot mutatja meg, amely ahhoz szükséges, hogy a projekt pénzbevételei fedezzék a beruházási ráfordításokat és elkezdjenek a pénz folyóértékén számított bevételt termelni.

***Jövedelmezőségi index (PI)*** – kifejezi a beruházás hozamainak a beruházások költségigényéhez viszonyított arányát. A beruházási terv akkor hatékony, ha a diszkontált ráfordítások jövedelmezőségi indexe nagyobb 1-nél.

A 46. táblázat tartalmazza a projekt összes beruházási ráfordításának hatékonysági mutatóit.

*46. táblázat: Az összes beruházási ráfordítás hatékonysági mutatói*

| Mutató | Mutató értéke |
|---|---|
| Nettó jelenérték (NPV), Euró. | **72 153** |
| Belső megtérülési ráta (IRR) % | **26,8** |
| A projekt egyszerű megtérülési ideje (PBP), év | **5,15** |
| A projekt megtérülésének diszkontált ideje (DPBP), év | **6,12** |
| Diszkontált jövedelmezőségi index (PI), szor | **3,06** |

A projekt beruházási költséghatékonysági mutatóinak elemzése azt mutatja, hogy a projekt nettó jelenértéke pozitív, a megtérülési idők pedig elfogadhatóak (a projekt a kutatási periódus alatt megtérül). Ez arról tanúskodik, hogy az analizált projekt biztosítja a befektetett tőke jövedelmezőségének elvárt szintjét és kiegészítő bevételeket termel.

A nettó jelenérték nagysága a projekt fejlesztési forgatókönyve szerint **72 153 ezer EUR**-t is kitehet, a belső megtérülési ráta pedig **26,8%**.

A belső megtérülési ráta és a diszkontált megtérülési mutató értéke azt bizonyítja, hogy a vizsgált projekt gazdaságilag hatékony, magas jövedelmezőségi szinttel és elfogadható beruházási költségmegtérülési idővel rendelkezik **49 551 ezer EUR** értékű beruházási volumen esetében.

**ÖSSZEFOGLALÁS – „A projekt gazdasági hatékonyságának és beruházási vonzerejének értékelése" fejezet**

1. **8,00%**-os diszkontráta került elfogadásra.
2. A projekt beruházási költséghatékonysági mutatóinak elemzése azt mutatja, hogy a projekt nettó jelenértéke pozitív – **72 153 ezer EUR**, a megtérülési idők elfogadhatóak – **6,12 év** (a projekt a

kutatási fázisban megtérül). Ez azt bizonyítja, hogy a vizsgált projekt biztosítja a befektetett tőke jövedelmezőségének elvárt szintjét és kiegészítő jövedelmeket termel.

3. A hasonló projektek összehasonlító elemzése a tőkebefektetési, a tiszta nyereség jövedelmezőségi, a veszteségkezelés ráfordítási és az állami költségvetési dotációs mutatókra vonatkozóan azt mutatja, hogy az 1 tonna feldolgozandó hulladékra jutó nagyobb beruházási volumen ellenére a vizsgált Projekt gazdaságilag hatékony és rentábilis. A üzemi nyereség jövedelmezősége a projekt megvalósításának kezdetétől számított **8 évre** vonatkozóan **208%**.

# 7. A PROJEKT KOCKÁZATAINAK ELEMZÉSE

## 7.1. A PROJEKT FŐ KOCKÁZATAINAK ELEMZÉSE

A Komplexum létrehozása során számos kockázat jelenik meg. Az általános - a beruházási projektek többségére jellemző – kockázatok mellett speciális, az alapítandó hulladékfeldolgozó tevékenységéből fakadó kockázatok is jelentkeznek. A Komplexum létrehozása során realizálódó kockázatok a projekt megvalósítási stádiumának függvényében feloszthatóak a projekt beruházási és ügyleti fázisában jelentkező kockázatokra.

**A Komplexum kockázatai a beruházás fázisában**

***Jogi kockázatok*** – a projekt beruházási szakaszának megvalósítása során a törvényi előírások teljesítésével (belső jogi kockázatok), illetve a szerelési munkák lebonyolítása és az objektumok üzembe helyezése során a törvényi szabályozás változásával (külső jogi kockázatok) kapcsolatos kockázatok.

***Szervezeti kockázatok*** – a Projekt szervezetével kapcsolatos kockázatok.

***Technológiai kockázatok*** – az építési munkálatokhoz, valamint a berendezések beszerzéséhez és beszereléséhez kapcsolódó kockázatok.

***Pénzügyi kockázatok*** – a projekt finanszírozásához kötődő kockázatok.

***Vis major*** – azok a kockázatok, amelyek gazdasági válságok, természeti vagy technogén katasztrófák (olyan események, amelyekre lehetetlen hatást gyakorolni) alkalmával jelennek meg.

**A Komplexum kockázata az üzleti szakaszban**

***Technológiai kockázatok*** – azokat a kockázatokat jelentik, amelyek a szervezet tevékenységéből (hulladékfeldolgozás) adódnak, illetve amelyek az épületek és a berendezések üzemeltetésével, a technológiával, az információs rendszerekkel és a munkavállalókkal függnek össze.

***Piaci kockázatok*** – a vállalat piaci pozíciójából fakadó kockázatok, figyelembevéve a fogyasztóknak, a versenytársaknak és a szállítóknak a társaság tevékenységére gyakorolt, illetve az értékesítési terv teljesítésének hatását.

***Pénzügyi kockázatok*** – a társaság fizetőképességével és pénzügyi stabilitásával kapcsolatos kockázatok.

***Jogi kockázatok*** – a társaság speciális jogi kockázatai és a makroökonómiai szinten jelentkező jogi kockázatok.

***Makroökonómiai kockázatok*** – ezek a kockázatok országos vagy régiószinten realizálódnak, egyedülálló vállalkozásként nem lehet hatást gyakorolni ezekre a tényezőkre.

***Ökológiai kockázatok*** – a Komplexum tevékenységéből (hulladékfeldolgozás) adódó kockázatok.

A Komplexum megvalósítási projektjével kapcsolatos fő kockázatokat a 47. táblázat sorolja fel.

*47. táblázat: A Projekt legfontosabb kockázatainak felsorolása*

| Kockázatcsoportok | Fő kockázatok a csoporton belül |
|---|---|
| **A Projekt beruházási fázisában megjelenő kockázatok** | |
| Jogi kockázatok | Az objektum üzembe helyezéséhez szükséges engedélyek (a veszélyes hulladékok kezelésével kapcsolatos tevékenység engedélyköteles, építési engedély a hulladékfeldolgozó komplexum felépítésére) és egyéb dokumentumok (például állami ökológiai szakvélemény) nem vagy késedelmesen szerezhetőek be. |
| Szervezeti kockázatok | • Elégedetlenség és ellenállás a helyi lakosság részéről<br>• A Projekt támogatottságának hiánya, szembehelyezkedés az adminisztratív szervek oldaláról |
| Technológiai kockázatok | • Tervezési hibák<br>• A Komplexum teljesítőképességének hibás meghatározása<br>• Az építési munkák határidejének vállalkozók (alvállalkozók) általi túllépése<br>• Az építőanyagok szállítási határidejének be nem tartása<br>• A tervezés időszakában a hulladékok és biomassza magashőmérsékletű plazmás feldolgozási technológiájának figyelembe nem vett hiányosságai<br>• Berendezések és speciális felszerelések helytelen megválasztása<br>• A berendezésekre vonatkozó szállítói kötelezettségek nem teljesítése<br>• A berendezések értékének növekedése<br>• Nehézségek az adott technológiában és a használt berendezések kezelésében jártas szakképzett munkaerő toborzása során |
| Pénzügyi kockázatok | • Pótlólagos költségek jelentkezése<br>• A Projekt elszámolási értékének emelkedése |
| Vis major | • Háborús események, politikai kockázatok, természeti katasztrófák |

| Kockázatcsoportok | Fő kockázatok a csoporton belül |
|---|---|
| **A Projekt üzleti szakaszában realizálódó kockázatok** | |
| Technológiai kockázatok | • Berendezés termelésből való kiesése (berendezés meghibásodása)<br>• Nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű hulladék a feldolgozási folyamat lebonyolításához<br>• Nem áll rendelkezésre megfelelő létszámú vagy megfelelő szakképzettségű munkaerő<br>• Az adott technológiához és a technológiához használt berendezések kezeléséhez szükséges tapasztalat hiánya a munkavállalói oldalon |
| Piaci kockázatok | • Elégtelen fizetőképes kereslet vagy annak hiánya a Projektben kibocsátani tervezett termékmennyiségre vonatkozóan<br>• A piaci kereslet csökkenése a Projekt céltermékei iránt<br>• A piac felvevőképességének pontatlan felmérése<br>• Piacok és termékértékesítési csatornák helytelen kiválasztása<br>• A konkurencia megerősödése a vertikálisan integrált szervezetek részéről (teljes körű szolgáltatást nyújtó társaságok, amelyek a szolgáltatások széles, átfogó spektrumát kínálják, úgymint a hulladék összegyűjtése, elszállítása, válogatása, feldolgozása, hőkezelése és a hulladék eltemetése)<br>• Túlzottan magas díjszabások megállapítása a hulladék szállítására vonatkozóan (a szállítócégek részéről)<br>• Nyomásgyakorlás a piacon jelenlévő féllegális és illegális konkurens szereplők részéről<br>• Azon vállalatok aktivitásának növekedése, amelyek szabálysértést követnek el a hulladék átvételekor (illegális szemétlerakóhelyek számának emelkedése) |
| Pénzügyi kockázatok | • Azonnali költségek fedezetének hiánya<br>• A projekttermékek árainak helytelen megállapítása a tényleges előállítási önköltség figyelmen kívül hagyása mellett (a költségmegosztás megvalósíthatatlansága következtében)<br>• Kamatkockázatok<br>• Adóterhek emelkedése<br>• Vevők késedelmes fizetései (követelések áruszállításból és szolgáltatásból)<br>• Nem érik el a tervezett pénzügyi eredményeket |
| Jogi kockázatok | • A Komplexum tevékenységére kiható új jogi szabályozások megjelenése<br>• A szerződő felekkel kötött szerződések helytelen szövegezése |
| Makroökonómiai kockázatok | • Devizakockázat (a berendezések külföldről történő beszerzésének időszakában)<br>• Az üzleti költségek emelkedésére ható inflációs kockázatok |
| Ökológiai kockázatok | • Környezetvédelmi előírásokra vonatkozó jogszabályi változások<br>• Üzemi balesetek |

A feltárt kockázati események beálltából eredő következmények kiküszöbölésére vagy minimalizálására vonatkozó intézkedések kidolgozásához szükséges a kockázatok, keletkezési okaik (tényezőik) és várható következményeik összefüggéseinek megállapítása.

**Ok-okozati összefüggések elemzése**

Az adott összefüggések feltérképezésének fő célja a kockázatkezelés lehetőségének feltárása, mivel az intézkedéseket azok keletkezési okai és azok beálltából eredő következményei hívják életre.

A kockázati események kialakulásának okai (tényezői) között az alábbiakat különböztethetjük meg:

***Emberi tényező:*** szakképzettségbeli hiányosságok; munkaerőhiány; motiváció hiánya; érdekellentétek stb.

***Technológiai tényező:*** modern technológiák hiánya; termelési kapacitáshiány; a gyártási kapacitások nem hatékony kihasználása; elöregedett géppark stb.

***Módszertani tényező:*** módszertan hiánya; a szabályozási háttér elégtelensége vagy hiánya.

***Információs tényező:*** elégtelen információs források; szükséges információ hiánya vagy rendszerszerűtlensége; a szükséges információhoz való szabad hozzáférés hiánya stb.

***Szerződő felek:*** szállítók: nyersanyag- és anyagszállítások határidejének túllépése, nem megfelelő nyersanyag- és anyagminőség, áremelkedés; vevők: késedelmes fizetés vagy termékkel szembeni követelményeik megváltoztatása; versenytársak: konkurencia megerősödése a piacon stb.

A kockázati események beálltából fakadó fő következmények az alábbiak:

- Árbevétel csökkenése;
- Jövedelmezőség csökkenése;
- Elmaradt haszon;
- Elégtelen pénzforgalom, tiszta veszteség;

A szóban forgó tényezők és következmények alapján a Projekthez feltérképezték a feltárt kockázati események, keletkezési okaik és beálltukból eredő következmények közötti ok-okozati összefüggéseket, amelyeket a 48. számú táblázat tartalmaz.

*48. táblázat: Kockázati lista (az ok-okozati összefüggések meghatározásával)*

| Kockázati ok (kockázati tényező) | Kockázati esemény | A kockázati esemény beálltából eredő következmény ismertetése |
|---|---|---|
| **A projekt beruházási szakaszában jelentkező kockázatok** | | |
| | **Jogi kockázatok** | |
| 1. Elégtelenségek a tervdokumentációban, valamint hibák az engedélyezési kérelmek készítése és benyújtása során.<br>2. Támogatottság hiánya az adminisztratív szervek részéről. | Az objektum üzembe helyezéséhez szükséges engedélyeket és egyéb dokumentumokat nem vagy késedelmesen lehet beszerezni. | 1. A projektmegvalósítási határidők túllépése.<br>2. Árbevétel tervezett határidőkön túli beérkezése.<br>3. A projekt lezárása, az eszközök értékesítése. |
| | **Szervezeti kockázatok** | |
| 1. A hulladékkezelés elégtelen információs támogatása.<br>2. Támogatottság hiánya az adminisztratív szervek részéről. | Elégedetlenség és ellenállás a helyi lakosság részéről, továbbá szembehelyezkedés az adminisztratív szervek részéről. | 1. A projektmegvalósulási határidők túllépése.<br>2. Az építési munkák egyeztetési és engedélyezési határidejeinek meghosszabodása, illetve az objektum elhelyezése. |
| | **Technológiai kockázatok** | |
| 1. Hibák a tervezés során.<br>2. Hibák a tervdokumentációban. | Hibák a tervezés és a Komplexum teljesítőképességének meghatározása során. | 1. A projektmegvalósulási határidők túllépése.<br>2. A projekt megtérülési idejének növekedése.<br>3.A projektből származó nyereség csökkenése. |
| 1. Hibák a tervezés során.<br>2. Pénzügyi forráshiány a befektetőnél.<br>3. A vállalkozók és a szállítók nem teljesítik kötelezettségeiket. | Az építési, a szállítási és a berendezések beszerelési határidejeinek túllépése. | 1. Az építési költségek és a berendezésekre fordított kiadások megnövekedése.<br>2. A projekt megtérülési idejének növekedése.<br>3. Potenciális vevők elvesztése a beruházás kezdési időpontjának tolódása miatt. |
| 1. A szállítók nem tartják be a szerződéses feltételeket.<br>2. Szerződéskötéskor elkövetett hibák. | Szállítói kötelezettségek nem teljesítése. | 1. Idegen szállítók szolgáltatásainak igénybevételére fordított pótlólagos költségek megjelenése.<br>2. A projektből származó nyereség csökkenése. |
| 1. Hibák a berendezések összetételének meghatározása során és rendelésfelvétel a hibásan meghatározott összetételű gépparkra.<br>2. A berendezések szállítói által elkövetett hibák. | • A hulladékok és biomassza magashőmérsékletű plazmás feldolgozási technológiájának a tervezési fázisban figyelmen kívül hagyott hátrányai.<br>• A berendezések értékének emelkedése.<br>• A berendezések és speciális felszerelések helytelen kiválasztása | 1. Berendezések cseréje/pótlása miatt felmerült utólagos költségek.<br>2. A projektből származó nyereség csökkenése. |
| 1. Hasonló tevékenységet folytató vállalkozás tapasztalataira vonatkozóan nem áll rendelkezésre információ. | Nehézségek az adott technológiában és a használt berendezések kezelésében jártas szakképzett munkaerő toborzása során. | 1. A projektmegvalósítási határidők túllépése.<br>2. Hibák és szabálysértések a Komplexum működésében. |
| | **Pénzügyi kockázatok** | |
| 1. Tervezési hibák – költségek figyelmen kívül hagyása.<br>2. Pótlólagosan felmerült építési és gépbeszerzési költségek.<br>3. Az engedélyeztetési dokumentáció utólagos költségei. | A projekt tervezett költségének emelkedése. | 1. A projektből származó nyereség csökkenése.<br>2. A projekt megtérülési idejének növekedése. |
| | **Vis major** | |
| 1. A külső környezet előre nem látott változásai. | Hadműveletek, politikai kockázatok, természeti katasztrófák. | 1. Az árbevétel és a nyereség csökkenése a megállapított határidőkre.<br>2. A természeti katasztrófák által okozott károk felszámolására fordított kiadások. |
| **A projekt üzleti fázisában realizálódó kockázatok** | | |
| | **Technológiai kockázatok** | |
| 1. Nem versenyképes árak és feltételek alkalmazása a feldolgozandó hulladék átvételére vonatkozóan.<br>2. Az illegális szemétlerakóhelyek számának emelkedése. | Nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű hulladék a feldolgozási folyamat lebonyolításához. | 1. A termelés leállítása nyersanyaghiány (hulladékhiány) miatt.<br>2. A termelési folyamat megszakítása.<br>3. A bevételek és a nyereség csökkenése. |

| Kockázati ok (kockázati tényező) | Kockázati esemény | A kockázati esemény beálltából eredő következmény ismertetése |
|---|---|---|
| 1. Hibák a tervezés során.<br>2. Nem megfelelő minőségű berendezések leszállítása.<br>3. A berendezések helytelen üzemeltetése. | • Berendezés kiesése a termelésből (berendezés meghibásodása) | 1. A termelési kapacitások csökkenése.<br>2. A termelési folyamat megszakítása.<br>3. A berendezések utólag felmerülő javítási költségei.<br>4. A bevételek és a nyereség csökkenése.<br>5. A berendezések szállítói által nyújtott garanciák megléte. |
| 1. A munkaerő-felvétel hatékony rendszerének hiánya.<br>2. Nem áll rendelkezésre elégséges megfelelő szakképzettséggel bíró szakember a régióban.<br>3. A munkaerő nem versenyképes javadalmazása. | • Nem áll rendelkezésre megfelelő létszámú vagy megfelelő szakképzettségű munkaerő.<br>• Az adott technológiához és a technológiához használt berendezések kezeléséhez szükséges tapasztalat hiánya a munkavállalói oldalon. | 1. Elégedetlenség a vevők részéről.<br>2. A munkaerőpótlás pótlólagos költségei.<br>3. A bevételek és a nyereség csökkenése. |
| | **Piaci kockázatok** | |
| 1. Versenytársak megjelenése.<br>2. Az árak meghaladják a potenciális vevők lehetőségeit.<br>3. Nem versenyképes kínálat a fogyasztók számára a minőséget, a szolgáltatásokat és a termékek egyéb jelentőséggel bíró jellemzőit illetően. | • Elégtelen fizetőképes kereslet vagy annak hiánya a Projektben kibocsátani tervezett termékmennyiségre vonatkozóan.<br>• A piaci kereslet csökkenése a Projekt cél- és melléktermékei iránt.<br>• A piac felvevőképességének pontatlan felmérése. | 1. Nem teljesítik a tervezett bevételi és nyereségmutatókat.<br>2. A projekt hatékonysági mutatóinak romlása.<br>3. Raktári késztermékkészlet felhalmozódása. |
| 1. A fogyasztók és a hulladékfeldolgozók gazdasági ösztönzésének hiánya a hulladékkezelés területén.<br>2. A vétkes személyek felelősségre vonására, a hulladék illegális szemétlerakóhelyen történő elhelyezése miatt kiszabott nagy összegű pénzbüntetések behajtására irányuló szigorú intézkedések hiánya. | • Azon vállalatok aktivitásának növekedése, amelyek szabálysértést követnek el a hulladék átvételekor (illegális szemétlerakóhelyek számának emelkedése).<br>• Nyomásgyakorlás a piacon jelenlévő féllegális és illegális konkurens szereplők részéről.<br>• Túlzottan magas díjszabások megállapítása a hulladék szállítására vonatkozóan (a szállítócégek részéről). | 1. A termelési folyamat megszakítása.<br>2. A termelés leállítása nyersanyaghiány (hulladékhiány) miatt.<br>3. Nem teljesítik a tervezett bevételi és nyereségmutatókat.<br>4. A projekt hatékonysági mutatóinak romlása. |
| 1. Nem versenyképes kínálat a fogyasztók számára a minőséget, a szolgáltatásokat és a termékek egyéb jelentőséggel bíró jellemzőit illetően. | A hasonló termékek árainak versenytársak által történő csökkentése, illetve a Projekt cél- és melléktermékeinek a tervezettnél alacsonyabb áron történő értékesítése. | 1. Raktári késztermékkészlet felhalmozódása.<br>2. Tervezett bevételi és nyereségmutatók nem teljesítése. |
| 1. Nem versenyképes árak és feltételek alkalmazása a feldolgozandó hulladék átvételére vonatkozóan. | A konkurencia megerősödése a hulladékkezelés területén a vertikálisan integrált szervezetek oldaláról. | 1. A termelési folyamat megszakítása.<br>2. A termelés leállítása nyersanyaghiány (hulladékhiány) miatt.<br>3. Tervezett bevételi és nyereségmutatók nem teljesítése.<br>4. A projekt hatékonysági mutatóinak romlása. |
| | **Pénzügyi kockázatok** | |
| 1. Pénztári hiány vagy többlet a vevőkkel és a szállítókkal folytatott elszámolások során.<br>2. Pénzmozgások tervezésének hiánya vagy hibák a tervezés során. | A rendelkezésre álló pénzeszközök nem fedezik az azonnali kiadásokat. | 1. Hiteleszközök bevonásának szükségessége és a kamatfizetés pótlólagos költségei.<br>2. Szállítóknak történő késedelmes fizetés, valamint bírságok és kötbérek fizetése miatti nyereségcsökkenés. |
| 1. Hitelkamatláb emelkedése. | Kamatkockázatok. | 1. A nyereség csökkenése. |
| 1. A szerződő felekkel megkötött szerződések helytelen összeállítása. | A vevők késedelmesen teljesítik fizetési kötelezettségeiket (a vevőkkel szembeni áruszállításból és szolgáltatásnyújtásból eredő követelések növekedése). | 1. A tervezett bevételi és nyereségmutatók nem teljesítése.<br>2. A projekt hatékonysági mutatóinak romlása. |
| 1. Árfüggőség a fizetőképes kereslet meglététől.<br>2. Árfüggőség a versenytársak áraitól. | A projekttermékek árainak helytelen meghatározása a tényleges gyártási önköltség figyelmen kívülhagyásával (a költségmegosztás megvalósíthatatlanságánál fogva). | 1. A projekt szerinti bevételek és nyereség csökkenése.<br>2. Nem érik el a tervezett pénzügyi eredményeket. |
| | **Jogi kockázatok** | |
| 1. Jogi dokumentumok összeállítása során elkövetett hibák. | • A Komplexum tevékenységét meghatározó új jogi szabályozások megjelenése.<br>• A szerződő felekkel kötött szerződések helytelen összeállítása. | 1. A hibák okozta károk felszámolásának, illetve a bírságok és kötbérek megfizetésének utólagosan jelentkező költségei.<br>2. A nyereség csökkenése. |

| Kockázati ok (kockázati tényező) | Kockázati esemény | A kockázati esemény beálltából eredő következmény ismertetése |
|---|---|---|
| | **Makroökonómiai kockázatok** | |
| 1. Infláció.<br>2. A fogyasztókkal rögzített árakon kötött hosszú távú szerződések. | Inflációs kockázatok (a reáljövedelmek csökkenése a kiadások árakhoz viszonyított túlzott növekedése miatt). | 1. Az ügyleti költségek emelkedése.<br>2. A nyereség csökkenése. |
| | **Ökológiai kockázatok** | |
| | Üzemi balesetek. | 1. A hibák okozta károk felszámolásának, valamint a bírságok és kötbérek megfizetésének pótlólagos költségei.<br>2. A nyereség csökkenése. |

## 7.2. A KOCKÁZATOK MINIMALIZÁLÁSÁRA VONATKOZÓ JAVASLATOK

A kockázati események minimalizálását célzó intézkedések kidolgozásakor figyelembe kell venni, hogy ezen intézkedéseknek az alábbi két csoportját különböztetik meg:

- A kockázati események bekövetkezési valószínűségének csökkentésére tett intézkedések;
- A kockázati események beálltából származó negatív következmények csökkentését célzó intézkedések.

A kockázati események bekövetkezési valószínűségének csökkentésére irányuló intézkedések:

1. Fejlesztési stratégiák és prioritások kidolgozása;
2. Szabályozó és módszertani dokumentumok kidolgozása és továbbfejlesztése;
3. A társaság szervezeti struktúrájának optimalizálása;
4. Munkaerőállománnyal kapcsolatos feladatok (toborzás, képzés és motiválás);
5. Automatizált számítástechnikai rendszerek alkalmazása;
6. A berendezések időben történő javítása;
7. A társaság belső ellenőrzési rendszerének tökéletesítése;
8. Különféle megelőző intézkedések bevezetése;
9. A felügyeleti szervekkel történő együttműködés;
10. A fogyasztókkal való együttműködés;
11. Együttműködés a szállítókkal;
12. Versenytársakkal való együttműködés;
13. Külső erőforrás igénybevétele (Outsourcing - outer-source-using) a műszaki-tudományos dokumentáció kidolgozását, a kutatómunkák végzését, a szükséges információ összegyűjtését és elemzését, stb. magába foglaló szakmai tevékenységek átadásával.

A kockázati események beálltából származó negatív következmények hatásainak csökkentését célzó intézkedések:

1. Alternatív programok, tervek és ütemtervek kidolgozása;
2. Pótberendezések (tartalékdarabok) és a berendezésekhez szükséges pótalkatrészek beszerzése;
3. Tartalékalap képzése (önfinanszírozás);
4. Berendezésekre vonatkozóan garanciális szervizszolgáltatási szerződések megkötése;
5. Előzetes szerződések megkötése a fogyasztókkal a Társaság jövőbeni szolgáltatásnyújtására vonatkozóan;
6. Munkaerő ideiglenes jelleggel történő alkalmazása;
7. A kockázati események bekövetkeztéből eredő lehetséges káresemények biztosítása;

Felhasználva a kockázatok minimalizálására irányuló intézkedések fenti felsorolását, meghatározhatók a kockázatok minimalizálását célzó főbb intézkedések, amelyeket a 49. táblázat foglal magába.

*49. táblázat: A kockázatok minimalizálására irányuló intézkedések*

| Kockázat | A kockázatok minimalizálására irányuló intézkedések |
|---|---|
| **A projekt beruházási fázisában jelentkező kockázatok** | |
| **Jogi kockázatok** | |
| Az objektum üzembe helyezéséhez szükséges engedélyeket és egyéb dokumentumokat nem vagy késedelemmel lehet beszerezni. | 1. Professzionista jogászok bevonása.<br>2. Előzetes együttműködés az ellenőrző szervekkel az engedélyek megszerzésének kérdésében. |
| **Szervezeti kockázatok** | |
| Elégedetlenség és ellenállás a helyi lakosság részéről. | 1. PR-kampány lefolytatása, amelynek során tájékoztatják a lakosságot a szóban forgó Komplexum veszélytelenségéről és szükségességéről.<br>2. Ökológiai szervezetekkel történő együttműködés. A szervezetek véleménye hatással lehet a régió irányítására.<br>3. A Komplexum építési helyének olyan helyen történő kiválasztása, amelyre már rendelkezésre állnak a hulladékfeldolgozó objektum telepítésére vonatkozó előzetes engedélyek. |

| Kockázat | A kockázatok minimalizálására irányuló intézkedések |
|---|---|
| Szembehelyezkedés az adminisztratív szervezetek részéről. | 1. Kapcsolatok megerősítése a helyi hatósági szervekkel.<br>2. A Komplexummal való együttműködés előnyeinek bemutatása (gazdasági, szociális, ökológiai előnyök) a Plasmatron Zrt. mint hulladékfeldolgozási szolgáltatásokat nyújtó szállító kiválasztása során. |
| **Technológiai kockázatok** | |
| • Hibák a tervezés során.<br>• A Komplexum teljesítőképességének hibás megállapítása.<br>• Nem vették figyelembe a hulladék hőplazmás módszerrel történő feldolgozási technológiájának bizonyos hiányosságait.<br>• A berendezések és speciális felszerelések helytelen kiválasztása. | 1. Szakemberek bevonása a tervezéshez.<br>2. Szakemberek bevonása a műszaki tervek elkészítéséhez és a berendezések kiválasztásához. |
| • Az építési munkák határidejeinek a vállalkozók (alvállalkozók) által történő túllépése.<br>• Az építőanyag szállítási határidejeinek túllépése.<br>• A berendezések szállítói nem teljesítik vállalt kötelezettségeiket.<br>• A berendezések értékének emelkedése. | 1. A vállalkozók pályáztatás útján történő kiválasztása.<br>2. Szankciók beépítése a szállítókkal és vállalkozókkal kötött szerződésekbe.<br>3. Időszakos ellenőrzés az építési munkák, a berendezések szállítása és beszerelése során a munkák szakaszonként történő átvételével. |
| Nehézségek az adott technológiában és a használt berendezések kezelésében jártas szakképzett munkaerő toborzása során. | 1. Szakemberpiac monitoringja.<br>2. Szakemberek bevonása a munkaerő toborzásához.<br>3. Vonzó munkaerő-ösztönzési rendszer kialakítása. |
| **Pénzügyi kockázatok** | |
| A projekt tervezett költségének növekedése. | 1. Előre nem látott költségekre képzett tartalék beépítése a projektberuházások tervezett összegébe. |
| **Vis major** | |
| A külső környezet előre nem látott változásai. | 1. Előre nem látott költségekre képzett tartalék beépítése a projektberuházások tervezett összegébe. |
| **A projekt üzleti szakaszában jelentkező kockázatok** | |
| **Technológiai kockázatok** | |
| Berendezések kiesése a termelésből (berendezés meghibásodása). | 1. Szakemberek bevonása a műszaki terv elkészítéséhez, illetve a projekt és a beszerzett berendezések szakértői vizsgálatának lebonyolítása.<br>2. Szankciók és garanciális javítási feltételek rögzítése a berendezések szállítóival kötött szerződésekben. |
| • Nem áll rendelkezésre megfelelő létszámú munkaerő vagy a munkaerő szakképzettsége nem elégséges.<br>• A szóban forgó technológiához és a technológiához alkalmazott berendezések kezeléséhez szükséges munkatapasztalat hiánya a munkavállalók részéről. | 1. A régió munkaerőpiacának tanulmányozása.<br>2. Kulcsszakemberek bevonása más régiókból.<br>3. A munkavállalók képzése. |
| Nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű hulladék a feldolgozási folyamat lebonyolításához. | 1. Hulladékszállítási volumenek tervezése.<br>2. Vonzó ajánlatok kidolgozása hulladékfeldolgozási szolgáltatásokra vonatkozóan.<br>3. A Komplexummal való együttműködés előnyeinek bemutatása (gazdasági, szociális, ökológiai előnyök) a Plasmatron Zrt. mint hulladékfeldolgozási szolgáltatást nyújtó szállító kiválasztása során.<br>4. Szándéknyilatkozatok megkötése a hulladékfeldolgozó Komplexum szolgáltatásainak potenciális vásárlóival (szerződő felekkel). |
| **Piaci kockázatok** | |
| • Elégtelen fizetőképes kereslet vagy a fizetőképes kereslet hiánya a termelés Projekt által előirányzott volumenére vonatkozóan.<br>• A Projekt cél- és melléktermékeire irányuló piaci kereslet csökkenése.<br>• A piaci felvevőképesség pontatlan felmérése. | 1. Marketingkutatások lebonyolítása.<br>2. Szándéknyilatkozatok megkötése a potenciális vevőkkel (szerződő felekkel).<br>3. Vonzó ajánlatok kidolgozása a Projekt cél- és melléktermékeinek áraira, minőségére és a kapcsolódó szolgáltatásokra vonatkozóan. |
| Azon cégek tevékenységi körének kiszélesítése, amelyek a hulladékátvétel során szabálysértést követnek el. | 1. A Komplexummal való együttműködés előnyeinek bemutatása (gazdasági előnyök) a Plasmatron Zrt. mint hulladékfeldolgozási szolgáltatást nyújtó szállító kiválasztása során. |
| Túlzottan magas hulladékszállítási díjak meghatározása (a szállítási vállalatok részéről). | 1. A Komplexummal való együttműködés előnyeinek bemutatása (gazdasági előnyök) a Plasmatron Zrt. mint hulladékfeldolgozási szolgáltatást nyújtó szállító kiválasztása során. |

| Kockázat | A kockázatok minimalizálására irányuló intézkedések |
|---|---|
| Nyomás a piacon jelenlevő konkurens féllegális és legális szereplők részéről. | 1. Kapcsolatok megerősítése az adott piacon szabályozó és ellenőrző szerepet betöltő adminisztratív szervekkel.<br>2. Támogatás megszerzése a helyi hatóságok részéről. |
| A konkurencia megerősödése a vertikálisan integrált szervezetek részéről a hulladékkezelés területén. | 1. Marketingkutatások.<br>2.Vonzó ajánlatok kidolgozása hulladékfeldolgozási szolgáltatásokra.<br>3. A Komplexummal való együttműködés előnyeinek bemutatása (gazdasági, szociális, ökológiai előnyök) a Plasmatron Zrt. mint hulladékfeldolgozási szolgáltatást nyújtó szállító kiválasztása során. |
| A versenytársak csökkentik a hasonló termékek árait, továbbá az eladások a tervezettnél alacsonyabb áron valósulnak meg. | 1. Marketingkutatások.<br>2. Árajánlatok módosítása. |
| A piacok és termékértékesítési csatornák helytelen megválasztása. | 1. Marketingkutatások.<br>2. A termékértékesítés szerkezetével és az értékesítési csatornákkal kapcsolatos döntések módosítása. |
| **Pénzügyi kockázatok** | |
| A rendelkezésre álló pénzeszközök nem fedezik az azonnali ráfordításokat. | 1. Nyilvántartási és likviditáskezelési rendszer kialakítása.<br>2. Egyéb előre nem látott költségek tartalékkeretének beépítése az üzleti tervbe. |
| Helytelen ármeghatározás a tényleges gyártási önköltség figyelmen kívül hagyásával. | 1. Marketingkutatások.<br>2. Árképzési rendszer kidolgozása és bevezetése. |
| Kamatkockázatok. | 1. Egyéb előre nem látott költségek tartalékkeretének beépítése az üzleti tervbe. |
| A vevők késedelmesen teljesítik fizetési kötelezettségeiket (az áruszállításból és szolgáltatásnyújtásból eredő követelések növekednek). | 1. Szankciók beépítése a szerződésekbe.<br>2. A fogyasztókkal való együttműködés megerősítése. |
| **Jogi kockázatok** | |
| Szerződő felekkel történő helytelen szerződések megkötése. | 1. Professzionista jogászok alkalmazása és tanácsadók bevonása.<br>2. A megkötött szerződések szakértői vizsgálata. |
| **Makroökonómiai kockázatok** | |
| Inflációs kockázatok (a reáljövedelmek csökkenése a költségek árakhoz viszonyított túlzott emelkedése miatt). | 1. Az árak rendszeres indexálása.<br>2. Költségek optimalizálása. |

**ÖSSZEFOGLALÁS - „A Projekt kockázatainak és érzékenységének elemzése a megvalósulás alapfeltételeinek változásához” című fejezet**

1. Kiemelésre kerültek a projekt megvalósításának beruházási és üzleti szakaszaiban jelentkező kockázati főcsoportok, nevezetesen a technológiai, politikai, pénzügyi, jogi, piaci, üzleti, ágazati, makroökonómiai és ökológiai kockázatok, továbbá a vis major.
2. Az ok-okozati összefüggések elemzése meghatározza a kockázatok, keletkezési okaik (tényezőik) és várható következményeik közötti közvetlen összefüggéseket, úgyszintén a különböző kockázati események közötti kapcsolatokat. Meghatározták a kockázatok kezelésének lehetőségeit és kidolgozták a kockázati események minimalizálását célzó intézkedéseket, amelyek a kockázati események keletkezési okaira és a beálltukból eredő következményekre irányulnak.

## REZÜMÉ

A **Klíma-és környezetbarát erőmű** projekt kidolgozása – annak ellenére, hogy kiváló európai tudósok közreműködésével született meg – több évet vett igénybe. Továbbá annak ellenére, hogy az európai aktuális politika szavakban mindig nagy elkötelezettje a környezetvédelemnek és a klímaváltozás negatív hatásainak csökkentésének – nem volt könnyű dolog meggyőzni a döntéshozókat az ilyen típusú erőművek létjogosultságáról – már csak azért sem, mert az atomlobbi Európában is csak látszatra és átmenetileg gyengült meg.

A **Klíma- és környezetbarát erőmű** találmányt energetikai szakértők, létesítményi és technológiai szakértők, vegyészmérnöki szakértők, biomérnöki szakértők valamint bírósági szakértők véleményezték és értékét beruházásonként 2.000.000.- EUR-ra értékelték.

A **Klíma és környezetbarát erőmű** több országra szóló szabadalma már értékesítésre került és az első beruházás már meg is kezdődött.

Tervünk, hogy több fejlődő országnak, energetikai forrásban szűkölködő országnak vagy olyan országnak mely meg szeretné óvni pótolhatatlan természetét, ajándékba adjuk a **Klíma- környezetbarát erőmű** szabadalmát.

A kutatást-fejlesztést vezette és a tanulmányt összeállította:
**KOLLÁR FERENC**

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE

## AMELY ALGAOLAJ ELŐÁLLÍTÓ EGYSÉGBŐL ÁLL ÉS FÖLDGÁZZAL VALAMINT ALGAOLAJJAL MŰKÖDTETETT, KÉT FŰTŐANYAGOS ÉGÉSKAMRÁVAL ELLÁTOTT GÁZTURBINÁS ÉS ADOTT ESETBEN GŐZTURBINÁS ENERGIA-ELŐÁLLÍTÓ EGYSÉGBŐL ÁLL

(SZELLEMI TULAJDON NEMZETI HIVATAL LAJSTROMSZÁM: 4078)

**A tanulmány Kollár Ferenc tulajdonát képezi.**
**Ezen dokumentum tartalma szerzői jogvédelem és szellemi tulajdon védelme alatt áll.**
**A találmánnyal kapcsolatos ismertető elektronikus vagy nyomtatott formában való közzététele vagy sokszorosítása törvénybe ütközik.**

**2011**

## BEVEZETŐ

2007 és 2008 között 3,4%-kal, 2,6 millió tonna szén-dioxid egyenértékkel csökkent a kibocsátásunk. Szinte az összes ágazat kibocsátása alacsonyabb lett, de a legnagyobb relatív visszaesés (-20,6%) az iparban következett be: mindenekelőtt a vegyipari termeléscsökkenés és modernizáció eredményeképp (-71,4%). Az összesen 2,6 millió tonnás kibocsátás-csökkenésből 1,2 millió tonna köszönhető a vegyiparnak. Az energiaiparban felhasznált tüzelőanyagok kedvezőbb szerkezete (pl. több biomassza), illetve az atomerőmű nagyobb részesedése a hő- és villamosenergia-termelésben további 0,9 millió tonna kibocsátás-csökkenéshez vezetett.

Hazánk primer energiahordozók tekintetében jelentős importra szorul saját forrásainak szűkössége miatt. Nemcsak primer, de szekunder energiahordozókat is importálunk, ilyen pl. a benzin, vagy a villamos energia. Magyarország energetikai importfüggősége az európai átlag felett van, abszolút értékben is meglehetősen magas, 2008-ra a 64%-ot közelíti.

2008-ban a 27 tagállamot tekintve az importfüggőség 54,8% volt, amely 10 év alatt 8,7 százalékponttal növekedett, kissé nagyobb ütemben, mint hazánkban, ami 7,5 százalékpont volt ugyanezen időszak alatt.

A rendszerváltás után az energiafelhasználás visszaesett, az azt követő időszakban mérsékelt növekedést mutatott. Az energiaellátást biztosító energiaforrások szerkezete 1990-től napjainkig világszerte, így hazánkban is jelentős változásokon ment keresztül. Magyarországon a széntermelés erősen visszafejlődött (42%), a kőolajtermékek felhasználása kisebb mértékben, 12%-kal esett vissza. A földgáz felhasználása ezzel szemben egyharmaddal nőtt, térhódítása különösen a lakosság körében igen látványos.

Nemzetközi összehasonlításban Magyarországon viszonylag alacsony az egy főre jutó energiafelhasználás: az EU valamennyi tagállama magasabb értéket képvisel.

Hazánkban 2008-ra a megújuló energiaforrások részaránya a villamosenergia felhasználásban 5,6%-ra emelkedett. Ezen belül is a biomassza mint megújuló energiaforrás felhasználása a meghatározó (91%), amely részarány az utóbbi 5 évben látványosan emelkedett. Ezt követi a geotermia (7%), majd a vízenergia részesedése (1%). Hazánkban a szélenergia felhasználásának kezdete 2001-re, a bioüzemanyagoké 2005-re tehető, így 2008. évi részesedésük még elhanyagolható mértékű.

Az EU megújított stratégiája (SDS) konkrét célkitűzéseket fogalmaz meg a megújuló energiaforrások részarányának növelésére, miszerint 2010-re átlagosan az energiafogyasztás 12%-ának, továbbá közös, de differenciált célkitűzésként a villamosenergia-fogyasztás 21%-ának megújuló energiaforrásból kell származnia, és emellett vizsgálni kell ezen arányok 2015-ig 15%-ra való emelésének a lehetőségét.

A csatlakozási tárgyalások során Magyarország a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatban elkötelezte magát, hogy 2010-ig a megújuló energiahordozóval megtermelt villamosenergia-felhasználás részarányát 3,6%-ra növeli – ezt az értéket hazánk már 2005-ben teljesítette. A többi visegrádi ország célkitűzései a hazait meghaladják, azonban a célértékektől 2005-ben még valamennyien jelentős elmaradást mutattak.

Az EU megújított stratégiája indikatív célként tűzi ki, hogy 2010-re a közlekedési ágazatban használt üzemanyag 5,75%-ának bioüzemanyagnak kell lennie (2003/30/EK irányelv), és meg kell fontolni arányuk 8%-ra való emelését 2015-re.

2007-ben az EU állam- és kormányfői kötelezettséget vállaltak arra, hogy 2020-ig minden tagállamban legalább 10%-kra növelik a bioüzemanyagok használatát a szállítás területén.

A bioüzemanyagok gyártásának fejlesztéséről és közlekedési célú alkalmazásuk ösztönzéséről szóló 2058/2006. (III.27.) Korm. határozat 5,75%-ban rögzíti a 2010. december 31-re vonatkozó nemzeti célelőirányzatot, amelynek elérésére a kormány intézkedéscsomagot fogadott el.

A magyarországi kereskedelmi forgalomban a bioüzemanyag az uniós célkitűzésekkel összefüggésben 2005-ben még 6 ezer tonna volt, 2010-ben várhatóan pedig már 36-45 ezer tonna mennyiségben lesz felhasználható.

A CHP (kogenerációs) -rendszerek jellemzően a fűtőanyag elégetésével keletkezett gőzt turbinákra vezetik, villamos áramot termelnek, majd a megmaradó hőt hőcserélőkön keresztül fűtési célra is felhasználják. A CHP-rendszerek elterjedése bármely gazdasági ágon, illetve ágazaton belül – ide értve a lakosságot is – megoldható.

Az új VET, illetve a hozzá kapcsolódó kiegészítő jogszabályok kedvező jogi és közgazdasági környezetet teremtenek elsősorban a nagyobb méretű ipari és intézményi energiafogyasztók számára történő kombinált hő- és villamos energia termelésre.

A hővel kapcsolt villamosenergia-termelés 2002-től kezdődő regisztrációs adatai alapján a hazai energiatermelésben – az uniós átlagokhoz mérten – jelentős szerepet játszanak az ilyen erőművi egységek.

## ELEKTROMOS ENERGIATERMELÉS ALGA-BIOREAKTORBAN ELŐÁLLÍTOTT ALGAOLAJJAL VALAMINT FÖLDGÁZZAL MEGHAJTOTT GÁZ-GŐZ KOMBINÁLT CIKLUSÚ ERŐMŰBEN

1./ A kombinált ciklusú erőműben egy gázturbina-generátor egység elektromos áramot termel, a gázturbinából távozó még meleg gázzal pedig, amely egyébként veszteséget jelentene, gőzt termelnek, ez gőzturbinát hajt, mely egy másik generátorral áramot termel. Ezzel a megoldással az elektromos energiatermelés összhatásfoka javul. Európában a legtöbb új gáztüzelésű erőmű ebben a rendszerben épül.

A Siemens most tervezési fázisban lévő szegedi kombinált ciklusú erőműve 150 milliárd forintos beruházást jelent, a teljesítménye 880 megawatt lesz teljes kiépítettségében. A Power Investments Szolnokra hasonló kombinált ciklusú erőmű tervein dolgozik melynek teljesítménye 42 MW, bekerülési költsége pedig 9 milliárd Forint.

Amikor a kombinált ciklusú erőművek beruházóinak szakértői számításokat végeztek kiderült, hogy mostani magas gázárak (1 m3 földgáz 34 MJ = 80 Ft) valamint az ehhez viszonyított alacsony elektromos energiaárak (1 kWh elektromos energia 3,6 MJ = 16 Ft ). Ha ezekkel az adatokkal modellezzük a kombinált ciklusú gáz-gőz erőmű megtérülését akkor azt láthatjuk, hogy jelen pillanatban a mutatók ellentmondanak az ilyen beruházásnak.

| Példa: Kombinált ciklusú erőmű beruházási és megtérülési számításai: | |
|---|---|
| Kapacitás (MW) | 13,4 MW/h |
| Termelt energia (MWh) | 12,4 MW/h |
| Üzemóra | 7.500 h |
| Beruházási költség (Mrd Ft) | 5,1 Mrd Ft |
| Működési költségek (5 év, millió Ft) | 8.985 |
| Működési költségek 1. év (millió Ft) | 1.797 |
| Működési költségek 2. év (millió Ft) | 1.797 |
| Működési költségek 3. év (millió Ft) | 1.797 |
| Működési költségek 4. év (millió Ft) | 1.797 |
| Működési költségek 5. év (millió Ft) | 1.797 |
| Működés során keletkező bevételek (5 év, millió Ft) | 10.695 |
| Működési bevételek 1. év (millió Ft) | 2.139 |
| Működési bevételek 2. év (millió Ft) | 2.139 |
| Működési bevételek 3. év (millió Ft) | 2.139 |
| Működési bevételek 4. év (millió Ft) | 2.139 |
| Működési bevételek 5. év (millió Ft) | 2.139 |
| Eredmény (millió Ft) | 1.710 |
| Megtérülés ideje | 15 év |
| A projekt nettó jelenértéke a beruházás első évére számítva (NPV), Diszkontráta – 5% | -833 272 |
| A projekt nettó jelenértéke a beruházás első évére számítva (NPV) , Diszkontráta – 5% | -2 033 081 |
| A projekt belső megtérülési rátája (BMR) | 3,0% |

2./ A világon már több felé is állítanak elő biodízelt algából. Ezek a technológiák olyanok, hogy tóban vagy csőrendszerben algát szaporítanak – keringetik, táplálékot és CO2-t adagolnak növekedésük elősegítése miatt – majd a leszűrt algamasszából különböző módon (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) kivonják az olajat és azt észterezve biodízelt állítanak elő.

3./ A fent leírt két technológiát ( kombinált ciklusú villamos energia termelő erőmű és foto-bioreaktorban termelt algából előállított alga-biodízelüzem ) még eddig senki sem vonta össze – vagyis az elektromos energia termeléséhez a gázturbina meghajtására a földgáz mellé még nem alkalmaztak algából előállított biodízelt, hogy így zöldebb elektromos energiát állítsanak elő.

4./ A fenti tényekből kiindulva merült fel az AlgaEnergy Kft kutatóinál a feladat, hogy a kombinált ciklusú erőművet kiegészítette egy alga-biodízelt termelő foto-bioreaktorral. Ezáltal ugyan a beruházások költsége cca. 50%-kal növekedne – de a gázfelhasználás felére csökkenne és ezáltal a működési költségek is majdnem 50%-kal csökkennének mely azt eredményezné, hogy a beruházás kevesebb mint 10 éven belül megtérülhetne.

5./ Az AlgaEnergy kutatói által kidolgozott új technológia azon kívül, hogy két eddig ismert eljárást ötvöz, tartalmaz egy jelentős környezetvédelmi újítást is:

A gázturbináknál, melyek elektromos energiát termelnek, melléktermékként keletkezik egy úgynevezett kipufogógáz is, mely CO2-t tartalmaz és a légkörbe jutva nagymértékben károsítja a környezetet. Az új megoldás szerint ezt a keletkező CO2-t nem engedjük a légkörbe, hanem a gázturbinák szomszédságában működő algaüzembe vezetjük és keverőrendszeren keresztül táplálékként az algaszuszpenzióba adagoljuk.

6./ Az algaolaj kinyerése után visszamaradt algapogácsa pedig állati takarmányként kerül hasznosításra.

7./ Az algák valójában termőterületet nem foglalnak el és olajhozamuk nagyobb a legjobb olajnövényekénél is. Az algából úgy állíthatunk elő bioüzemanyagot, hogy azt nem emberi táplálékból (repce, szója, gabona) teszszük. Az algák szaporodása állandó és évszaktól független – naponta többször is „aratható".

A fenti pénzügyi mutatóktól van egy fontosabb motívum is: a alga-bioreaktorban előállított algaolajjal valamint földgázzal meghajtott gáz-gőz kombinált ciklusú erőmű által kibocsájtott teljes mennyiségű CO2 felhasználásra kerül az algatermesztéshez, így minden bizonnyal állíthatjuk, hogy ezzel az erőművel késleltetni fogjuk a klímaváltozás katasztrofális következményeit és talán még gyermekeink is élvezhetik a természet pozitív hatását.

8./ Az AlgaEnergy Kft. alga-fotobioreaktorának terve üvegházban:

Célszerűen az alga-bioreaktor algaolaj előállító üzemként van kialakítva. Nevezetesen az alga-bioreaktorhoz algacentrifuga, algaolaj préselő egység és az algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj szétválasztó egység van kapcsolva. A szétválasztó egység algapogácsa gyűjtőtartályhoz és/vagy algaolaj gyűjtőtartályhoz van kapcsolva. Az alga-bioreaktorhoz, adott esetben számítógépes vezérléssel működtetett vízpumpa, takarító egység, filter, táplálék adagoló és a kipufogó gáz bevezetésének szabályozásához a széndioxid fogadó egység részét képező légpumpa van kapcsolva.

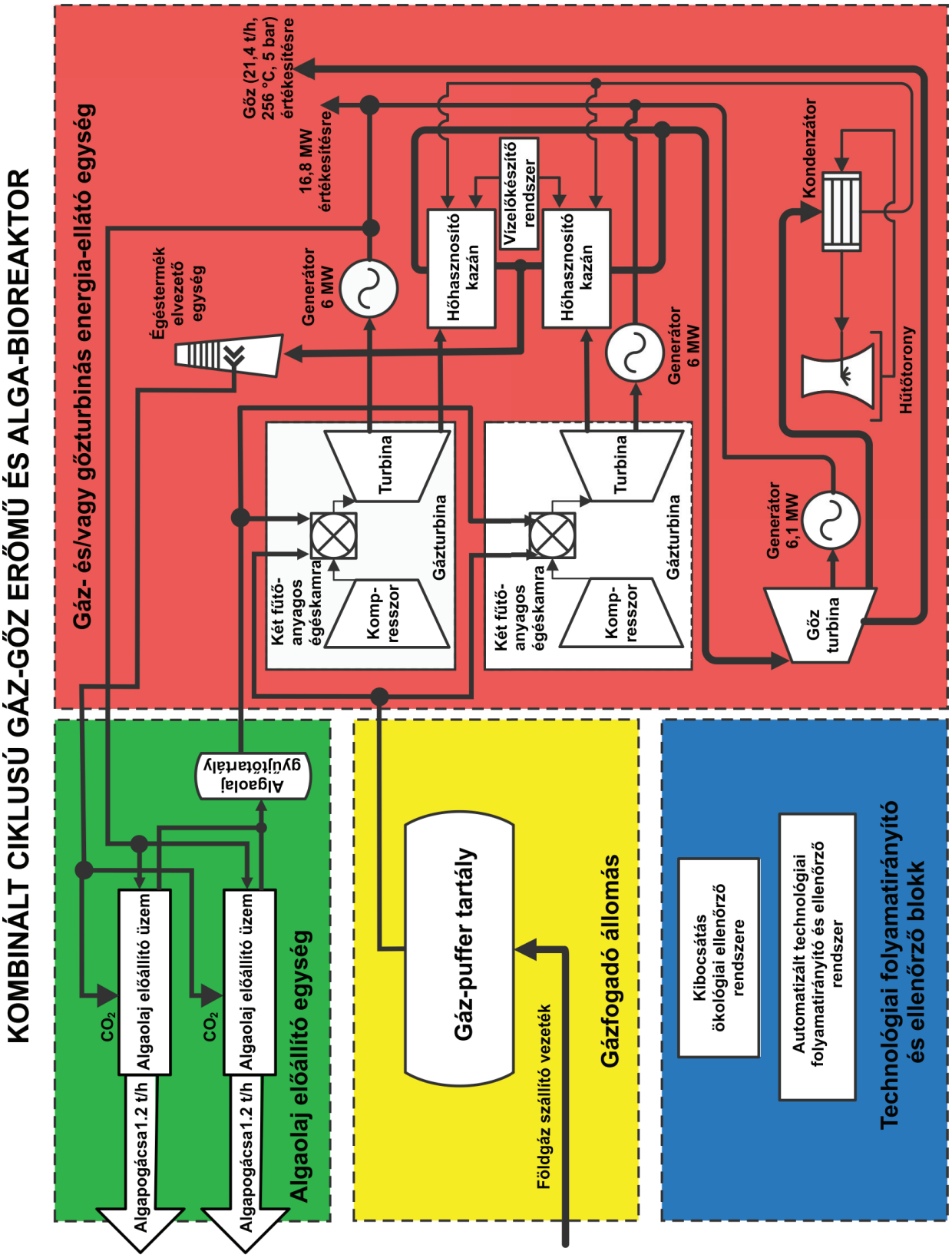
Adott esetben az alga-bioreaktorból az algát a termésnek megfelelő időközönként szüreteljük. A leszüretelt algát a nedvesség tartalmának eltávolításához algacentrifugában kiszárítjuk. A kiszárított algát algapréssel algapogácsára és algaolajra szétválasztjuk. Az algaolajat adott esetben algaolaj gyűjtőtartályon keresztül a gáz-, és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység gázturbinájába vezetjük, az algapogácsát pedig a plazmareaktor égésterébe juttatjuk. Más esetben az algaolajból ipari olajat, előnyösen biodízelt állítunk elő, az algapogácsát

pedig tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben használjuk fel.

Célszerűen a leszüretelt alga centrifugálásakor eltávolított vizet ismert módon megtisztítjuk és újrahasznosítjuk, adott esetben az alga-bioreaktorba visszavezetjük.

Előnyösen az égéstermék elvezető egységbe kémiai és fizikai szűrőegységeket helyezünk el, amelyeket telítődésük vagy elhasználódásuk esetén tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben, például plazmareaktorban használjuk fel.

Előnyösen a gáz- és/vagy gőzturbinás energia-előállító egység által termelt hulladékhőt ismert módon, adott esetben az alga-bioreaktorban, hasznosítjuk.



# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE

A minta tárgya klíma- és környezetbarát erőmű, amely égéstermék elvezető egységgel rendelkező, gázzal, előnyösen földgázzal és olajjal működtetett, két fűtőanyagos égéskamrával ellátott gázturbinás és adott esetben gőzturbinás energia-előállító egységből áll.

Hazánk primer energiahordozók tekintetében jelentős importra szorul saját forrásainak szűkössége miatt. Nemcsak primer, de szekunder energiahordozókat is importálunk, ilyen pl. a benzin, vagy a villamos energia. Magyarország energetikai importfüggősége az európai átlag felett van, abszolút értékben is meglehetősen magas, 2008-ra a 64%-ot közelíti.

A CHP (kogenerációs) rendszerek jellemzően a fűtőanyag elégetésével keletkezett gőzt turbinákra vezetik, villamos áramot termelnek, majd a megmaradó hőt hőcserélőkön keresztül fűtési célra is felhasználják. A CHP-rendszerek elterjedése bármely gazdasági ágon, illetve ágazaton belül – ide értve a lakosságot is – megoldható.

Az erőművek többsége hulladékkal és egyéb fosszilis tüzelőanyaggal üzemel, mert a bemeneti anyag alacsony kalóriaértéke miatt csak hőenergiát tudna előállítani, ha nem használnának fosszilis energiahordozókat is. Amennyiben elektromos energia-előállítása a cél abban az esetben több mint 50%-ban szükséges hozzáadni fosszilis energiaforrásokat és így az előállított energia már nem minősül ”zöld” energiának. Valamennyi technológiánál a gáz elégetésékor széndioxid keletkezik, amely tovább súlyosbítja a klímaváltozás következményeit.

A 225 373 számú szabadalom tárgya eljárás és berendezés a globális felmelegedés megelőzésére a hulladék és/vagy tüzelőanyagok égetésekor keletkező veszélyes gázok kibocsátásának megakadályozásával, mellyel a hulladék és/vagy tüzelőanyag-égetők veszélyesgáz-kibocsátása megszüntethető.

A találmány szerinti eljárás során az üzemanyagot és/vagy az éghető hulladékot egy égetőből egy henger alakú, vékony falú első és második reaktorkamrával rendelkező teljes égésű reaktorba helyezik és abban égetik el oly módon, hogy az égető berendezésben az üzemanyag és/vagy hulladék legalább egy részét elpárologtatják vagy elgázosítják, majd az üzemanyagból és/vagy hulladékból származó gőzöket és/vagy gázokat felgyorsítják,és a gőzöket és/vagy gázokat bejuttatják a teljes égésű reaktor első és/vagy második kamrájába, ezután a teljes égésű reaktor első és/vagy második kamrájában gőzöket és/vagy gázokat atomizálják, majd a teljes égésű reaktorból a kiáramló füstgázokat egy füstgázsűrítőbe vezetik, és a füstgáz szilárd és sűríthető részecskéit összesűrítik, és végül a megtisztított gázüledéket teljesen újrahasznosítják, különösen annak CO2-tartalmát előnyösen műtrágyaként hasznosítják. A találmány szerinti berendezésnek gázgyűjtő részleggel ellátott zárt hulladék- és/vagy üzemanyag-égető részegysége van, amely egy első és második kamrával ellátott első teljes égésű reaktort és az égető berendezés gázgyűjtő kamráját a teljes égésű reaktor első és/vagy második reaktorkamrájával összekötő gázgyorsító eszközöket tartalmaz. A berendezés továbbá a teljes égésű reaktor üledékgáz-nyílásához csatlakozó füstgázkondenzorokat, a teljes égésű reaktor üledékgáz-nyílásához csatlakozó füstgáztisztítókat, továbbá a füstgáztisztító berendezések kimeneteli nyílásával összekapcsolt füstgáz-újrahasznosító berendezéseket tartalmaz.

A P 02 00252 számú magyar szabadalmi irat hibrid kombinált ciklusú erőművet ismertet, amely egyesíti az atomerőművi, valamint a gáz- és gőzturbinás kombinált ciklusú egységeket. A hibrid kombinált ciklusú erőmű, egy hő-körfolyamatban előnyösen egyesíti a nyomott- és forralóvizes villamos energia termelésre szolgáló atomerőművi, valamint a gáz- és gőzturbinás kombinált ciklusú egységeket, amelynek eredményeképp jelentős villamos teljesítmény- és hatásfok-növekedés érhető el, amelyben a hagyományos víz-gőz erőművi körfolyamatban a tápvíz elgőzölögtetéséhez szükséges hőmennyiséget az atomreaktor szolgáltatja. A hagyományos víz-gőz körfolyamatban a kondenz- és tápvíz felmelegítése, valamint az atomreaktor által fűtött gőzgenerátorban termelt gőz túlhevítése a hagyományos gázturbina forró füstgázhőjével történik a hőhasznosító kazánban. A gőzturbina fokozatban expandálódott gőzt vagy a hőhasznosító kazán újrahevítőjében felmelegítik a tüzelőberendezéssel és bevezetik a gőzturbina fokozatba, vagy közvetlenül a gőzturbina fokozatba vezetik. A víz-gőz erőművi körfolyamat a hagyományos módon a kisnyomású turbinafokozat, kondenzátor, kondenzvízszivattyú, kisnyomású előmelegítő, vízhevítő, táptartály, tápszivatytyú záródik. Az ily módon létrehozott egyesített erőművi körfolyamat a Hibrid Kombinált Ciklus.

A P 08 00337 számú magyar találmány tárgya eljárás bioetanol-gyártás során keletkezett melléktermékek hasznosítására és erőmű az eljárás megvalósítására. A találmány szerinti eljárás során az etanol előállítása kukorica-keményítőből történik, ahol a keményítőt először elcukrosítják, majd erjesztik és a keletkezett alkoholt desztillációval lecsapatják. A bioetanol előállítását zárt rendszerű-üzemmódban végzik, ahol a keletkezett melléktermékeket - magas szárazanyag-tartalmú DDGS30-t és folyékony melléktermékeket - kazánokban elégetik. A keletkezett hőt villamos energiává alakítják és a villamos energiát a gyár üzemeltetésére, a bioetanol-gyártás fenntartására használják. Az égés során keletkezett hamut felhasználásig konténerben tárolják. A találmány szerinti erőmű jellemzője, hogy az önmagában ismert etanol, különösen bioetanol gyártása során keletkezett magas szárazanyag-tartalmú melléktermék – DDGS – nedvességtartalmát csökkentő szárítóüzeme, a szárított DDGS-t elégető kazán telepe, a kazánt vízzel ellátó tápháza, az elégetett DDGS hőenergiájából nyert gőzt villamos energiává alakító turbinaháza, tartalék kazánja, valamint az etanol, különösen bioetanol-gyártás során keletkezett folyékony melléktermeket tároló tárolótartálya van. Továbbá ezt a folyékony melléktermeket elégető folyadékégetője, az égés során keletkező füstgázokat tisztító elektrofiltere, a füstgázokat elvezető kéménye és a hamut tároló egysége, az egyes egységeket összekötő

vezetékei és egyéb, önmagában ismert elemei, valamint az égési folyamatokat és energiatermelést felügyelő felügyeleti rendszere van.

A WO 2009154437 számú nemzetközi szabadalmi bejelentés eljárást és berendezést ismertet biodízel előállítására, algából. Az találmány biodízel előállításához létrehozott algatenyésztő rendszerre, lipidek (zsírok) kivonására és a lipidek észteresítésére vonatkozik. A rendszer három részből úgynevezett művelésből áll, kivonásból, felhalmozásból és előállításból. A lipid kivonása egy ultrahang reaktorban történik, amelyben az algák külső fala, azaz az olaj zsákja felreped, amely lehetővé teszi a lipidek kivonását. Az észteresítés szintén egy ultrahang reaktorban zajlik, amelyik roncsolja a folyadék molekuláit, amelyek keresztül áramlanak rajta, ezzel közvetlenül megnövelve a hatást és a hozamot.

A kombinált ciklusú erőműben egy gázturbina-generátor egység elektromos áramot termel, a gázturbinából távozó még meleg gázzal pedig, amely egyébként veszteséget jelentene, gőzt termelnek, ez gőzturbinát hajt, mely egy másik generátorral áramot termel. Ezzel a megoldással az elektromos energiatermelés összhatásfoka javul. Európában a legtöbb új gáztüzelésű erőmű ebben a rendszerben épül. Amikor a kombinált ciklusú erőművek beruházóinak szakértői számításokat végeztek kiderült, hogy mostani magas gázárak (1 m3 földgáz 34 MJ = 80 Ft) valamint az ehhez viszonyított alacsony elektromos energiaárak (1 kWh elektromos energia 3,6 MJ = 16 Ft). Ha ezekkel az adatokkal modellezzük a kombinált ciklusú gáz-gőz erőmű megtérülését akkor azt láthatjuk, hogy jelen pillanatban a mutatók ellentmondanak az ilyen beruházásnak.

A világon már több helyen is állítanak elő biodízelt algából. Ezek a technológiák olyanok, hogy tóban vagy csőrendszerben algát szaporítanak – keringetik, táplálékot és CO2-t adagolnak növekedésük elősegítése miatt – majd a leszűrt algamasszából különböző módon (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) kivonják az olajat és azt észterezve biodízelt állítanak elő.

Az előzőekben ismertetett két technológiát (kombinált ciklusú villamos energia termelő erőmű és fotobioreaktorban termelt algából előállított alga-biodízelüzem) még eddig senki sem vonta össze – vagyis az elektromos energia termeléséhez a gázturbina meghajtására a földgáz mellé még nem alkalmaztak algából előállított biodízelt, hogy így zöldebb elektromos energiát állítsanak elő.

Célunk az eddig ismert technológiáknál környezetkímélőbb megoldás kidolgozása volt, amely adott esetben hatásfok javulást is eredményezhet.

Felismertük, hogy a kombinált ciklusú erőművet kiegészítve egy alga- biodízelt termelő alga-bioreaktorral a gázfelhasználás jelentősen csökkenne és ezáltal a működési költségek is csökkennének amely azt eredményezné, hogy a beruházás kevesebb mint 10 éven belül megtérülhetne. Az esetleges többlet beruházási költségeket a gázfelhasználás és a működési költségek jelentős csökkenése bőségesen kompenzálná. Így a mintánk szerinti erőmű beruházása kevesebb mint 10 éven belül megtérülhetne.

A mintánk szerinti erőmű azon kívül, hogy két eddig ismert eljárást ötvöz, tartalmaz egy jelentős környezetvédelmi újítást is: a gázturbinákban, amelyek elektromos energiát termelnek, melléktermékként keletkezik az úgynevezett kipufogógáz is, amely jelentős mennyiségű széndioxidot is tartalmaz. Ez a légkörbe jutva nagymértékben károsítja a környezetet. A mintánk szerinti erőműben a keletkező széndioxid a gázturbinák szomszédságában működő algaolaj előállító üzembe van vezetve és keverőrendszeren keresztül táplálékként az algaszuszpenzióba van adagolva. Az algaolaj kinyerése során keletkezett algapogácsa, mint melléktermék, állati takarmányként hasznosítható. Méréseink és számításaink szerint a mintánk szerinti erőművel jelentősen csökkenthető a környezet káros anyaggal való terhelése.

A mintánk tehát klíma- és környezetbarát erőmű, amely égéstermék elvezető egységgel rendelkező, gázzal, előnyösen földgázzal és olajjal működtetett, két fűtőanyagos égéskamrával ellátott gázturbinás és adott esetben gőzturbinás energia-előállító egységből áll. A gázturbina működtetéséhez használt olaj algák folyamatos szaporítására alkalmas, széndioxid fogadó egységgel ellátott alga-bioreaktorban szaporított algából préselléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal előállított algaolaj. Az alga-bioreaktor széndioxid fogadó egysége az égéstermék elvezető egységében elrendezett széndioxid leválasztó egységhez van - célszerűen csővezetékkel – csatlakoztatva. Az alga-bioreaktor fogadó egységének kimenete az alga-bioreaktor széndioxid bevezető pontjához van kapcsolva.

Előnyösen a gőzturbina a gázturbina hulladék hőjével van működtetve.

Célszerűen az alga-bioreaktor algaolaj előállító üzemként van kialakítva. Azaz az alga-bioreaktorhoz algacentrifuga, algaolaj préselő egység és az algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj szétválasztó egység van kapcsolva. A szétválasztó egység algapogácsa gyűjtőtartályhoz és/vagy algaolaj gyűjtőtartályhoz van kapcsolva. Az alga-bioreaktorhoz, adott esetben számítógépes vezérléssel működtetett vízpumpa, takarító egység, filter, táplálék adagoló és a kipufogó gáz bevezetésének szabályozásához a széndioxid fogadó egység részét képező légpumpa van kapcsolva.

Adott esetben a gázturbina két fűtőanyagos égéskamrájába vezetett olaj növényi eredetű olaj és/vagy biodízel, és/vagy újrahasznosított fáradt olaj, és/vagy újrahasznosított sütőolaj, és/vagy szintetikus olaj.

Előnyösen az égéstermék elvezető egységben kémiai és fizikai szűrőegységek is el vannak rendezve.

Mintánkat részletesen az ábrák alapján ismertetjük.

Az 1. ábra az algaolaj előállító üzem alkotóelemeinek, illetve azok egymáshoz és az erőmű egyes részegységeihez való kapcsolódásának sematikus ábrázolása.

A 2. ábra az erőmű egyes részegységeinek, illetve a részegységek egyes elemeinek egymáshoz és az erőmű egyes további részegységeihez való kapcsolódásának sematikus ábrázolása.

A 3. ábra a 2. ábra szerinti erőmű egy lehetséges kiviteli példájának sematikus ábrázolása, ahol az egyes alko-

tóelemeket megneveztük és a folyamatban felhasznált, illetve keletkezett anyagok egy lehetséges mennyiségét feltüntettük.

A mintánk szerinti klíma- és környezetbarát erőmű (2. ábra) alapvetően a 3 égéstermék elvezető egységből és a gázzal, előnyösen földgázzal és olajjal működtetett, két fűtőanyagos 33 égéskamrával ellátott 15 gázturbinás és adott esetben a 16 gőzturbinás 4 energia-előállító egységből és a 24 algaolaj előállító egységből áll. A 15 gázturbina működtetéséhez használt földgáz a 2 gázfogadó állomáson elrendezett gáz-puffer 30 tartály(ok) ba földgázvezetéken van bevezetve, míg az olaj az algák folyamatos szaporítására alkalmas, széndioxid 7 fogadó egységgel ellátott 6 alga-bioreaktorban szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal előállított algaolaj. A 3 égéstermék elvezető egységében széndioxid 5 leválasztó egység van elrendezve, amelyhez algák folyamatos szaporítására alkalmas, és a 24 algaolaj előállító egység részét képező 6 alga-bioreaktor széndioxid 7 fogadó egység 8 kimenete van a 6 alga-bioreaktor széndioxid 9 bevezető pontjához - célszerűen csővezetékkel - kapcsolva. A 3 égéstermék elvezető egységében kémiai és fizikai 17 szűrőegységek is el vannak rendezve. A 3 égéstermék elvezető egységében lévő kémiai és fizikai 17 szűrőegységek telítődésük, illetve elhasználódásuk után tüzelőanyagként felhasználhatók.

A mintánk egyik előnyös megvalósításánál (1. ábra) a 6 alga-bioreaktor 18 algaolaj előállító üzemként van kialakítva. Nevezetesen a 6 alga-bioreaktorhoz 10 algacentrifuga, 11 algaolaj préselő egység és a 11 algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj 12 szétválasztó egység van kapcsolva. A 12 szétválasztó egység a 13 algapogácsa gyűjtőtartályhoz van kapcsolva. A 6 alga-bioreaktorhoz számítógépes 19 vezérléssel működtetett megszokott kiegészítők, 20 vízpumpa, 21 takarító egység, 22 filter, 23 táplálék adagoló van kapcsolva. A széndioxid 7 fogadó egység a 3 égéstermék elvezető egység széndioxid 5 leválasztó egységéhez van csatlakoztatva és a 8 kimenete a 6 alga-bioreaktor bemenetéhez van vezetve. A 7 fogadó egység a kipufogó gáz bevezetésének szabályozásához 34 légpumpával van ellátva. A 24 algaolaj előállító egység a 18 algaolaj előállító üzemből, és az ott előállított algaolaj tárolóegységéből, azaz a 14 algaolaj gyűjtőtartályból áll.

A gáz-, és/vagy gőzturbinás 4 energia-előállító egység a két fűtőanyagos 33 égéskamrába bevezetett, és a 15 gázturbinába juttatott, egyrészt a 6 alga-bioreaktorban szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal előállított algaolajjal és másrészt gázzal, célszerűen földgázzal meghajtott 15 gázturbinával, valamint annak hulladék hőjével üzemeltetett 16 gőzturbinával van működtetve. Adott esetben az algaolaj kiváltható növényi eredetű olajjal és/vagy biodízellel, és/vagy újrahasznosított fáradt olajjal, és/vagy újrahasznosított sütőolajjal, és/vagy szintetikus olajjal.

A 4 energia-előállító egység felépítése és alapvető működése ismert. A 15 gázturbina a 31 kompresszorból és a 32 turbinából áll, amelynek a két fűtőanyagos 33 égéskamrájába van az algaolaj és a gáz bevezetve. A 15 gázturbina egyrészt hőt termel, másrészt a 25 generátort működteti. A 15 gázturbina által termelt hő a 35 hőhasznosító egységbe van vezetve, amely a hőhasznosító 26 kazánból és a 27 vízelőkészítő egységből áll. A 16 gőzturbinához ismert módon van kapcsolva a 29 hűtőrendszer, amely hűtőtoronyból és kondenzátorból áll. A 4 energia-előállító egység megfelelő működését az automatizált technológiai folyamatirányító és ellenőrző rendszerből, valamint a szennyezőanyag kibocsájtását ellenőrző rendszerből álló 28 folyamatirányító és ellenőrző blokk felügyeli és vezérli.

A mintánk szerinti 1 erőmű működése során (2. és 3. ábra) a (föld)gázt, továbbá az algaolajat a 4 energia-előállító egység két fűtőanyagos 33 égéskamrájába vezetjük, majd onnan a 15 gázturbinába, ahol a fűtőanyagokat elégetjük, és ismert módon hasznosítjuk. A 3 égéstermék elvezető egységbe a széndioxid leválasztására van az széndioxid 5 leválasztó egység illesztve, amellyel a 4 energia-előállító egységben keletkezett kipufogó gázból a széndioxidot leválasztjuk. A leválasztott széndioxidot a 24 algaolaj előállító egységnek részét képező, mesterséges és/vagy természetes fénnyel működtetett 6 alga-bioreaktorban termesztett algákhoz vezetjük.

A 6 alga-bioreaktorból az algát a termésnek megfelelő időközönként szüreteljük. A leszüretelt algát a nedvesség tartalmának eltávolításához a 10 algacentrifugában kiszárítjuk. A kiszárított algát a 11 algaolaj préselő egységgel algapogácsára és algaolajra szétválasztjuk. Az algaolajat adott esetben a 14 algaolaj gyűjtőtartályon keresztül a 4 energia-előállító egység 15 gázturbinájának 33 égéskamrájába vezetjük. Az algapogácsát pedig akár takarmányként, akár fűtőanyagként hasznosítjuk.

A leszüretelt alga centrifugálásakor eltávolított vizet ismert módon megtisztítjuk és újrahasznosítjuk, adott esetben a 6 alga-bioreaktorba visszavezetjük. A 3 égéstermék elvezető egységbe kémiai és fizikai 17 szűrőegységeket helyezünk el, amelyeket telítődésük vagy elhasználódásuk esetén tüzelőanyagként energia-előállító berendezésekben használhatjuk fel.

A 18 algaolaj előállító üzem, illetve azon belül a 6 alga-bioreaktor temperálása (lényegében fűtése) megoldható például a 35 hőhasznosító egység által előállított hővel.

Előnyösen a 4 energia-előállító egység 15 gázturbinája által termelt hulladék hőt ismert módon, adott esetben a 16 gőzturbina működtetésénél, hasznosítjuk.

A 4 energia-előállító egység működtetéséhez felhasznált földgázt a 2 gázfogadó állomáson elrendezett gázpuffer 30 tartály(ok)ban tároljuk és adagoljuk a 4 energia-előállító egység 15 gázturbinájába.

A 4 energia-előállító egységben lévő 15 gázturbina kipufogó gázainak hőenergiáját a hulladék hő hasznosító 26 kazánban hasznosítjuk, ahol nagynyomású gőzt állítunk elő a 16 gőzturbina számára, amely meghajtja a 25 generátort.

A 27 vízelőkészítő egység, amely a 4 energia-előállító egység része, biztosítja a megfelelő vízminőségét a hulladék hő hasznosító gőzfejlesztő 26 kazánokban való nagynyomású gőz előállításához. A 4 energia-előállító egység

gőz-gáz ciklusban működik és villamos áramot és hőt állít elő a belső és külső villamos és hőenergia felhasználók számára. A hulladék hő hasznosító 26 kazánból kilépő fáradt gázok a 3 égéstermék elvezető egység széndioxid 5 leválasztó egységbe, és a széndioxid leválasztása után a gázkivezető kéményen és a 17 szűrőegységen keresztül a légkörbe kerülnek, a környezetre lényegében ártalmatlan gázkibocsátás formájában. Ezt a környezetet nem karosító gázkibocsátást a 28 folyamatirányító és ellenőrző blokkban lévő ökológiai ellenőrző rendszer ellenőrzi. A 15 gázturbinák indításához és működésének szabályozásához biogázolajat is használunk, amelyet a 24 algaolaj előállító egységben lévő 6 alga-bioreaktorban termelt algákból állíthatunk elő. A hulladék hő hasznosító 26 kazán(ok)ból kikerülő fáradt gázokból leválasztott széndioxidot a biogázolaj előállítását végző 18 algaolaj előállító üzem 6 alga-bioreaktorának üzemeltetéséhez használjuk fel.

A következőkben a 24 algaolaj előállító egységből, illetve a 4 energia-előállító egységből álló 1 erőmű egy lehetséges megvalósítását, illetve az ennek alapján nyerhető termelési adatokat mutatjuk be példaként.

A 6 alga-bioreaktor télen fűthető – nyáron hűthető (24 °C-os) 3.200 m2 hasznos alapterületű üvegházban, 30 cm átmérőjű 4800 fm áttetsző polikarbonát csövekből van kialakítva. A csövekbe 339.000 liter algaszuszpenzió termeszthető (1 fm = 70,65 l). Az alga szüretelését követő centrifugálás után 17%, azaz 57.500 liter szárazanyag tartalom keletkezik, amely olajpréselés céljára felhasználható. A szárazanyagnak 36%-os az olajtartalma, így 20.700 liter biodízel nyerhető. A préselés után napi 37.000 kg algapogácsa keletkezik amelynek olajtartalma cca. 5%.

A 6 alga-bioreaktorban termesztett alga például a Chlorella minutissima alga, amelynek olajtartalma 39,9%. Jellemzője az algának, hogy 20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene. A szaporítását 5,7 pH értékű vízben kell végezni. A szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük. A mesterséges megvilágítás mértéke legalább 130 lux/m2. A megfelelő szaporodásához a vízben 2% oldott széndioxidnak kell lennie. Az algák táplálásához szükséges tápanyag összetétele például: KH2PO4 1,31; MgSO47H20, 0,5; urea, 0,44. Ca 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01; Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA, ahol a mennyiségek g/l egységben vannak megadva. Az így keletkező oldat pH-ja, 6,0.

A 18 algaolaj előállító üzemet, amelyben a 6 alga-bioreaktor, és az algaolaj-présüzem van elhelyezve, továbbá az energetikai központot valamint a kiszolgálóhelyiségeket és laboratóriumot is egy komplexumba terveztük. A komplexum például egy 5.600 m2-es üvegház, 6 m csúcsmagasságú, dupla üvegezésű, energiaernyővel, hogy a termelés teljes folyamata egy helyen, szállítások nélkül valósulhasson meg.

Az alga nevelést üvegházban, létrás elrendezésű zárt típusú polikarbonát csőrendszerben képeztük ki. A présüzem (10 algacentrifuga, 11 algaolaj préselő egység, 12 szétválasztó egység stb.) elektromos energia szükséglete 283 kW/h (300 nap üzemel) ez 2038 MW/év. A 26 kazánból a keletkezett széndioxidot a 6 alga-bioreaktorba vezetjük, mint az algák szükséges táplálékát. A 6 alga-bioreaktort és a présüzemet lehetőleg állandóan 24 Celsius fokon üzemeltetjük, például egy megfelelő hőszivattyúval (nincs ábrázolva). A hőszivattyú energiaszükséglete 130 kW/h. Évi fogyasztása 234 MW (napi 6 óra üzemelés, 300 nap/év). A 6 alga-bioreaktort üzemeltető 20 vízpumpák energiaszüksége 60 kW/h. A 20 vízpumpák 300 napon át működnek – évi összfogyasztásuk 432 MW. Az asszimilációs lámpák (400 db x 600 W = 240 kW/h, 128 qmol/m2/sec = 9.771 LUX) a naphiányos és éjszakai időszakban megvilágítják a 6 alga-bioreaktort, hogy a szaporodás folyamatosságát biztosítsák. Éves fogyasztásuk 864 MW (napi 12 óra működési átlag 300 napon keresztül). Adott esetben az üzemhez kapcsolható egy 320 kW/h teljesítményű dízelgenerátor (nem ábrázoltuk). Fogyasztása 12 liter/h saját algaolaj (napi 300 liter). A dízelgenerátor teljesítménye 2304 MW/év és biztosítja az üzem elektromos energiaszükségletének mintegy 70%-át. A dízelgenerátor kipufogógázában keletkezett széndioxidot a 6 alga-bioreaktorba vezetjük az algák táplálásához. A 6 alga-bioreaktor és az algaolaj előállításához szükséges kiegészítő elemek évi teljes elektromos energia szükséglete 3568 MW. Saját elektromos energia előállítás évi 2304 MW. További elektromos energiaigény évi 1264 MW/év, amely mennyiséget az 1 erőmű által előállított energia mennyiségből fedezünk.

Évente 8.600 tonna alga-biodízellel és földgáz hozzáadásával 135.750 MW/év elektromos energia állítható elő. Ebből az 1 erőmű saját szükségletére 42.750 MW/év elektromos energiát használ fel – így értékesíthető 93.000 MW/év elektromos energia.

A 15 gázturbina kipufogógáza 2–4%-ban tartalmaz szén-dioxidot, amelyet egy szűrőberendezésen lehűtve, a 34 légpumpa segítségével bejuttatunk a 6 alga-bioreaktorba. A 4 energia-előállító egység három turbinája (két 15 gázturbina és egy 16 gőzturbina) hozzávetőlegesen 18 MW/h elektromos energiát termel, ebből saját szükségleteire kevesebb, mint 5 MW/h elektromos energiát használ fel – így több, mint 13 MW/h villamos energia vagy alternatívaként hozzávetőlegesen 9 MW/h villamos energia és legalább 20 t/h gőz ( 256 o C - 5 bar ) értékesíthető. A két 18 algaolaj előállító üzem óránként kb. 1.245 liter olajat termel. A termelés energiaigénye 1 MW/h amelyet az 1 erőmű által termelt elektromos energiából fedezünk.

Az 1 erőmű biztonságos működése érdekében a gáz-puffer 30 tartály két napra elegendő tartalék gázzal feltöltve áll a 4 energia-előállító egység rendelkezésre, továbbá a 14 algaolaj gyűjtőtartály nyolc napra elegendő üzemanyag tárolására alkalmasan van kialakítva, ezzel biztosítva a 15 gázturbina folyamatos működését.

Ha valamilyen oknál fogva átmenetileg nem érkezik földgáz az 1 erőműbe, például a kötelező karbantartás miatt, abban az esetben a 4 energia-előállító egység az előállított algaolajat felhasználva továbbra is működhet, azaz biztosítani tudja a fogyasztók ellátásának folyamatosságát.

A mintánk előnyei közé tartozik, hogy az algák valójában termőterületet nem foglalnak el és olajhozamuk nagyobb a legjobb olajnövényekénél is. Az algából úgy állíthatunk elő bioüzemanyagot, hogy azt nem emberi táplálékból (repce, szója, gabona) tesszük. Az algák szaporodása állandó és évszaktól független, a termés naponta többször is „aratható". Az alga-bioreaktorban előállított algaolajjal valamint földgázzal meghajtott gáz-gőz kombinált ciklusú erőmű által kibocsájtott széndioxid felhasználható az algatermesztéshez. Állíthatjuk, hogy ezzel az erőművel késleltetni fogjuk a klímaváltozás katasztrofális következményeit és talán még gyermekeink is élvezhetik a természet pozitív hatását. Az erőművek részeként üzemeltetett alga-bioreaktor közvetlenül az erőműnél állítja elő környezetkímélő módon azt az alternatív üzemanyagot, a biodízelt, amely alapvetően nem az emberi táplálkozásban általánosan felhasznált növényekből készül. A biodízel előállítása során visszamaradt algapogácsa hasznosítható. Az erőműben keletkező széndioxidot az alga-bioreaktor megköti, illetve a benne lévő algák felhasználják és átalakítják. Az algatermeléshez használt víz is megtisztítható és újrahasznosítható. Az algatermelés mesterséges fénnyel is megoldható. Az algák számos alfaja közül több is megfelelő az üzemanyaggyártásra valamint az algákkal folytatott génmódosítások eredményeként az olajtartalom tovább növelhető és bármelyik választása jobb eredményt nyújt, mint az eddig használt kukorica vagy a cukornád. Ennek magyarázata, hogy az algák döntő többsége naponta képes megduplázni önmagát. Legalább ekkora előnye a technológiának, hogy egyetlen négyzetméter termőföldet sem kell kivonni a termelésből, s akár az eddig terméketlen területek is fölhasználhatók algatenyésztésre.

## HASZNÁLATI MINTAOLTALMI IGÉNYPONTOK

1. Klíma- és környezetbarát erőmű, amely égéstermék elvezető egységgel (3) rendelkező, gázzal, előnyösen földgázzal és olajjal működtetett, két fűtőanyagos égéskamrával (33) ellátott gázturbinás (15) és adott esetben gőzturbinás (16) energia-előállító egységből (4) áll, azzal jellemezve, hogy a gázturbina (15) működtetéséhez használt olaj algák folyamatos szaporítására alkalmas, széndioxid fogadó egységgel (7) ellátott alga-bioreaktorban (6) szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal előállított algaolaj, ahol az alga-bioreaktor (6) széndioxid fogadó egysége (7) az égéstermék elvezető egységében (3) elrendezett széndioxid leválasztó egységhez (5) van - célszerűen csővezetékkel - csatlakoztatva, valamint az alga-bioreaktor (6) fogadó egységének (7) kimenete (8) az alga-bioreaktor (6) széndioxid bevezető pontjához (9) van kapcsolva.

2. Az 1. igénypont szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy a gőzturbina (16) a gázturbina (15) hulladék hőjével van működtetve.

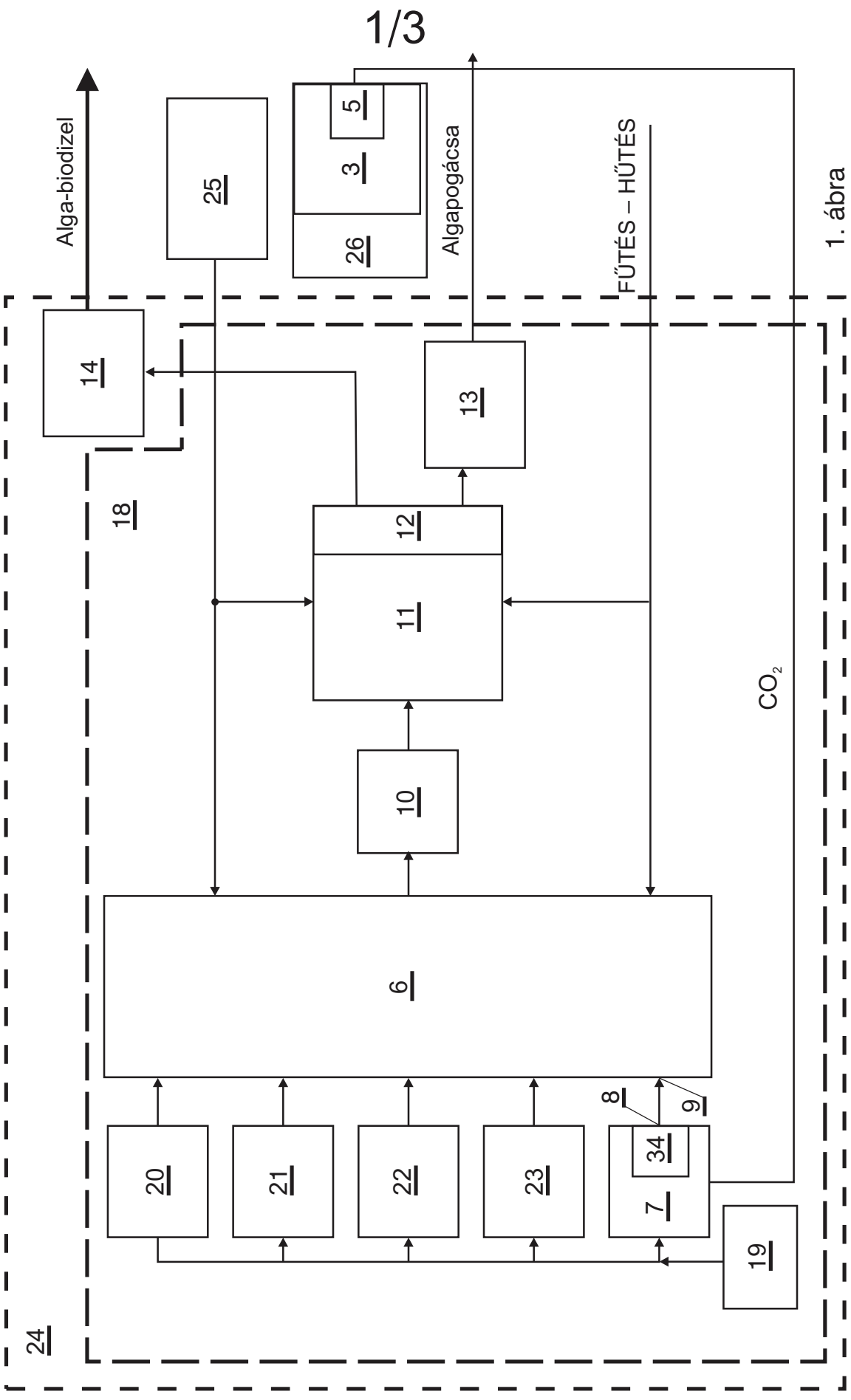
3. Az 1. igénypont szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktor (6) algaolaj előállító üzemként (18) van kialakítva, azaz az alga-bioreaktorhoz (6) algacentrifuga (10), algaolaj préselő egység (11) és az algaolaj préselő egységhez (11) kapcsolt algapogácsa és algaolaj szétválasztó egység (12) van kapcsolva, a szétválasztó egység (12) algapogácsa gyűjtőtartályhoz (13) és/vagy algaolaj gyűjtőtartályhoz (14) van kapcsolva, továbbá az alga-bioreaktorhoz (6), adott esetben számítógépes vezérléssel (19) működtetett vízpumpa (20), takarító egység (21), filter (22), táplálék adagoló (23) és a kipufogó gáz bevezetésének szabályozásához a széndioxid fogadó egység (7) részét képező légpumpa (34) van kapcsolva.

4. Az 1 - 4. igénypontok bármelyike szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy a gázturbina (15) két fűtőanyagos égéskamrájába (33) vezetett olaj növényi eredetű olaj és/vagy biodízel, és/vagy újrahasznosított fáradt olaj, és/vagy újrahasznosított sütőolaj, és/vagy szintetikus olaj.

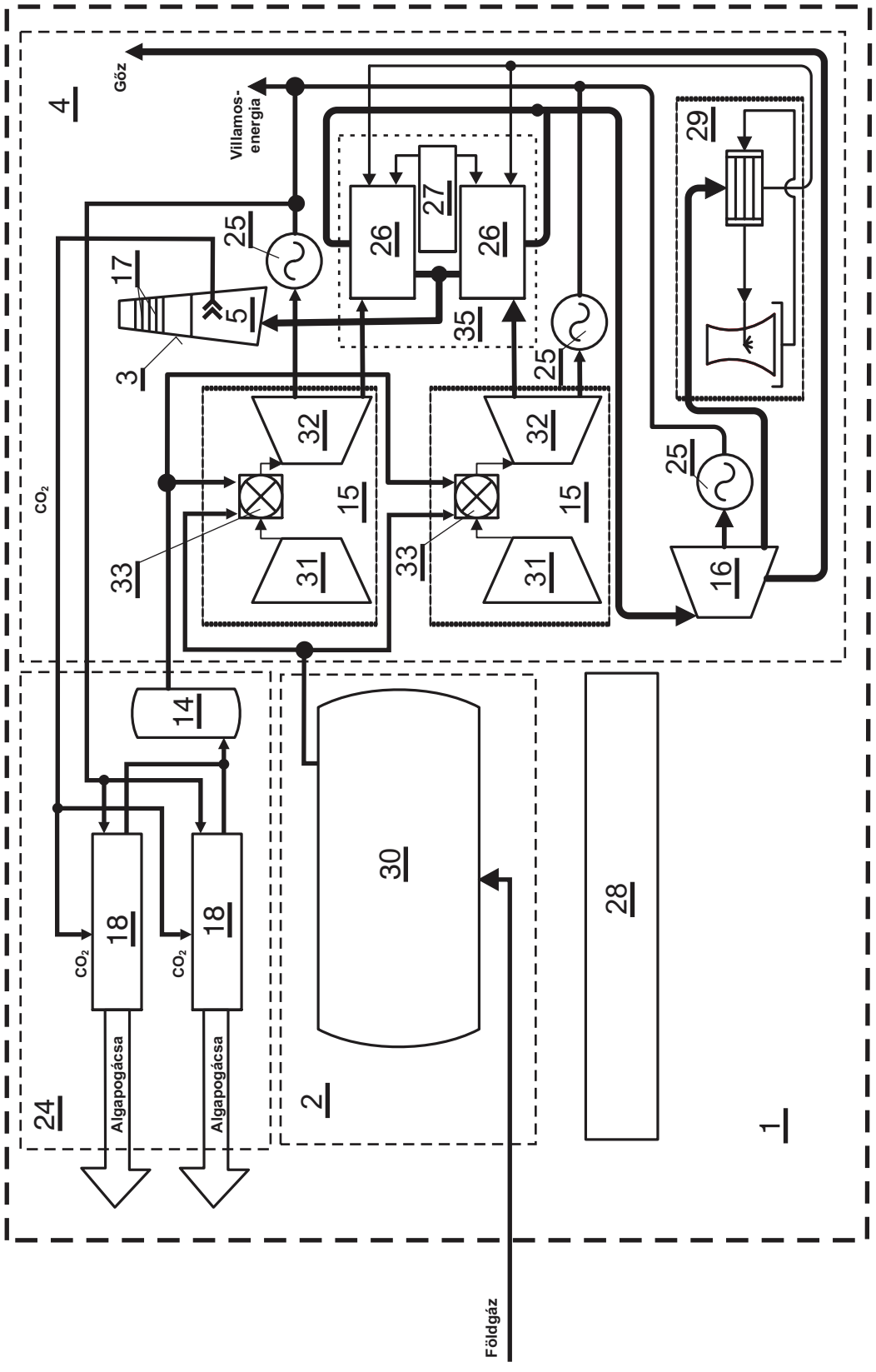
5. Az 1 - 5. igénypontok bármelyike szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy az égéstermék elvezető egységben (3) kémiai és fizikai szűrőegységek (17) is el vannak rendezve.

## TÉTELJEGYZÉK

1 erőmű
2 gázfogadó állomás
3 égéstermék elvezető egység
4 energia-előállító egység
5 leválasztó egység
6 alga-bioreaktor
7 fogadó egység
8 kimenet
9 bevezető pont
10 algacentrifuga
11 algaolaj préselő egység
12 szétválasztó egység
13 algapogácsa gyűjtőtartály
14 algaolaj gyűjtőtartály
15 gázturbina
16 gőzturbina
17 szűrőegység
18 algaolaj előállító üzem
19 vezérlés
20 vízpumpa
21 takarító egység
22 filter
23 táplálék adagoló
24 algaolaj előállító egység
25 generátor
26 kazán
27 vízelőkészítő egység
28 folyamatirányító és ellenőrző blokk
29 hűtőrendszer
30 tartály
31 kompresszor
32 turbina
33 égéskamra
34 légpumpa
35 hőhasznosító egység

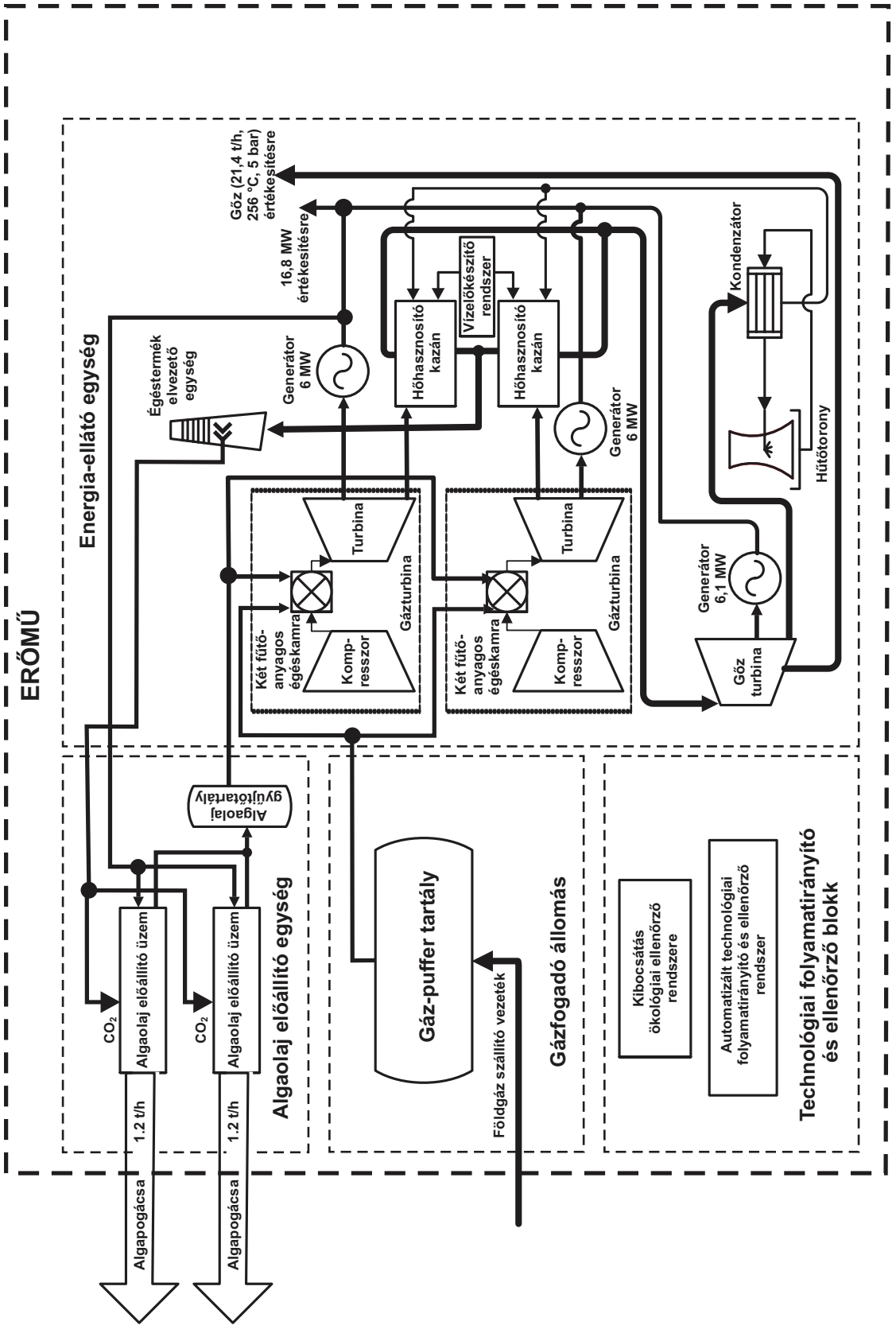

1/3
Alga-biodizel
25
5
3
26
Algapogácsa
FŰTÉS – HŰTÉS
1. ábra
14
13
18
12
11
$CO_2$
10
6
8
9
20
21
22
23
34
7
19
24

2/3


Gőz
Villamos-
energia
4
29
27
26
26
25
17
5
3
35
25
32
32
15
15
33
33
31
31
25
16
$CO_2$
14
18
18
$CO_2$
$CO_2$
Algapogácsa
Algapogácsa
30
28
24
2
1
Földgáz

2. ábra

3/3


ERŐMŰ
Energia-ellátó egység
Algaolaj előállító egység
Gázfogadó állomás
Technológiai folyamatirányító és ellenőrző blokk
Gőz (21,4 t/h, 256 °C, 5 bar) értékesítésre
16,8 MW értékesítésre
Égéstermék elvezető egység
Generátor 6 MW
Hőhasznosító kazán
Vízelőkészítő rendszer
Hőhasznosító kazán
Kondenzátor
Generátor 6 MW
Hűtőtorony
Turbina
Két fűtő-anyagos égéskamra
Kompresszor
Gázturbina
Turbina
Két fűtő-anyagos égéskamra
Kompresszor
Gázturbina
Generátor 6,1 MW
Gőz turbina
Algaolaj gyűjtőtartály
$CO_2$
Algaolaj előállító üzem
$CO_2$
Algaolaj előállító üzem
1.2 t/h
1.2 t/h
Algapogácsa
Algapogácsa
Gáz-puffer tartály
Földgáz szállító vezeték
Kibocsátás ökológiai ellenőrző rendszere
Automatizált technológiai folyamatirányító és ellenőrző rendszer

3. ábra

A kutatást-fejlesztést vezette és a tanulmányt összeállította:
**Kollár Ferenc**

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE

**AMELY TIPIKUS SZÉN-TÜZELÉSŰ ELEKTROMOS ENERGIÁT ELŐÁLLÍTÓ ERŐMŰBŐL VALAMINT A KELETKEZETT SZÉNDIOXIDOT ALGA-FOTOBIOREAKTORBAN HASZNOSÍTÓ ÉS ALGA-BIODÍZELT ELŐÁLLÍTÓ BLOKKBÓL ÁLL**

(SZELLEMI TULAJDON NEMZETI HIVATAL LAJSTROMSZÁM: 4074)

**A tanulmány Kollár Ferenc tulajdonát képezi.**
**Ezen dokumentum tartalma szerzői jogvédelem és szellemi tulajdon védelme alatt áll.**
**A találmánnyal kapcsolatos ismertető elektronikus vagy nyomtatott formában való közzététele vagy sokszorosítása törvénybe ütközik.**

**2011**

## BEVEZETŐ

A mai szénkészletek körülbelül 300 millió évvel ezelőtt jöttek létre, amikor a Földet esőerdők borították. Az elhalt növények a mocsaras területeken belesüppedtek az iszapba. Mivel itt nem volt elegendő oxigén, a baktériumok nem tudták elbontani a növényeket, így ezek az évmilliók során különböző kémiai és fizikai folyamatok következtében szénné alakultak át

A szén elégetésekor felszabaduló hővel vizet melegítenek. Ennek hatására gőz képződik, ami nyomást gyakorol a turbinák lapátjaira, ezáltal forgásba hozva őket. A turbinákat generátorokkal kapcsolják össze, amelyek áramot termelnek.

Magyarország szénkészletei kimerülőben vannak, az egykori szénbányákat a gazdaságtalan kitermelés miatt jórészt bezárták. Barnaszén bányák a Dunántúli-középhegységben Ajka, Oroszlány, Tatabánya és Dorog körzetében valamint a Borsodi-medencében vannak. A hazai barnaszén sok szennyező-anyagot tartalmaz, elégésekor sok hamu és kéndioxid keletkezik.

Külszíni lignitfejtés a Mátra lábánál, a visontai és bükkábrányi területeken folyik.

A világ legnagyobb szénkészletei Kínában, az Egyesült Államokban, Dél-Afrikában, Ausztráliában, Oroszországban, Lengyelországban, Kolumbiában és Ukrajnában találhatók.

A szénalapú áramtermelés előnyei és hátrányai:

Előnyök

- A széntüzelés jelenleg az áramtermelés egyik legolcsóbb módja.
- Széntüzelésű erőmű építésére minden olyan helyszín alkalmas, amely jó közlekedési hálózattal és elegendő mennyiségű hűtésre szolgáló vízzel rendelkezik.
- A Föld jelentős szénkészletekkel rendelkezik.

Hátrányok

- A szén égetése során szén-dioxid képződik, amely az üvegházhatást növelő gázok egyike. Az égetés során ezen kívül kén-dioxid is keletkezik, amely a savas eső egyik alkotóeleme. A hazai kitermelésű tőzeges barnaszén és lignit igen szennyezett, elégésük során sok hamu és kéndioxid is keletkezik.
- A szén nem megújuló energiaforrás. A készletek korlátozottak, így előbb-utóbb ki fognak merülni.
- A széntüzelésű erőművek működéséhez nagytömegű tüzelőanyagra van szükség, ez szállítási és anyagmozgatási többlet költségekkel jár.

## HAZAI HELYZET

Az elmúlt öt-hat év alatt a hazai mélyművelésű szénbányászatra épült erőművek fokozatosan megszüntették a termelést, illetve más tüzelőanyagra tértek át, amelyek környezetszennyezése már igazodik az Európai Közösség szigorúbb környezetvédelmi előírásaihoz, a kibocsátási normákhoz. A 11 hazai szénerőmű túlnyomó többsége már vegyes üzemelésű, a szén mellett földgázt és kőolajat is használnak. A legnagyobb kapacitású szénerőműveink a Vértesi Erőmű (barnaszén-tüzeléses) és a lignit alapú Mátra Erőmű. A hazai teljes szénerőműi kapacitás - beleértve a kis üzemi erőműveket is - mindössze 1908 MW, a Magyarországon termelt szenekre alapozva.

A világ szénkészletei előreláthatólag a 22. század végéig elegendőek. A meglévő széntüzelésű erőművek azonban meglehetősen elavultak: a következő 8-10 évben a legtöbbet valószínűleg vagy bezárják, vagy a káros anyagok kibocsátását szabályozó, korszerű (és költséges) berendezésekkel szerelik fel. A magyarországi széntüzelési erőművek döntően a külszíni fejtésből származó lignittel vagy a magas salak (hamu) és kéntartalmú barnaszénnel működnek. A hazai szénbányászat a készletek kimerülése, az előnytelen geológiai fekvésük és a gazdaságtalan kitermelés miatt folyamatosan csökken.

Magyarország energiaigénye évi 1060 petajoule, ennek mintegy 3%-a származik megújuló forrásból, zömében fából, illetve geotermikus forrásból. A gazdaságos lehetőségek faaprítékból 56 PJ, geotermikus forrásokból mintegy 50 PJ, szélből 7,2 PJ, vízből 5 PJ, napból 4PJ, vagyis összesen 120-130 PJ.

A megújuló energiaforrások részesedése a villamosenergia-termelésben kb. 4,7%, amely érték jóval alacsonyabb, mint az elvárható és a kívánatos.

A különböző energiaforrások részaránya Magyarország elektromos energiatermelésben:

| | |
|---|---|
| Földgáz | 37, 9% |
| Szén | 18,4% |
| Atomenergia | 36,8% |
| Vízenergia | 0,5% |
| Kőolaj | 1,5% |
| Szélenergia | 0,3% |
| Biomassza | 3,7% |
| Napenergia | 0,5% |

## EURÓPAI UNIÓS TENDENCIÁK

Az európai munkaadói oldalt képviselő Euracoal, vagyis a szén- és lignitbányászati szövetség főtitkára, Thorsten Diercks arról beszélt, hogy az utóbbi évek energiaválsága mutatta meg igazán, a szén milyen meghatározó elem az európai energiatermelésben. Ez megerősítette, hogy a jövőben is fontos szerepe lesz a szén- és lignitbányászatnak, vagyis további, a környezetvédelmi szempontokat még jobban figyelembe vevő erőművi fejlesztésekre van szükség. Jean Pierre Damm, az Európai Bányász Ágazati Párbeszéd Bizottság munkavállalói oldalának vezetője úgy fogalmazott: tapasztalataik szerint egyre inkább Brüsszelben döntenek az energiapolitikai kérdésekben, de ebben partnerként a munkavállalók és a munkaadók is nagyobb beleszólást szeretnének.

Kifejtette, hogy a klímaváltozás elleni küzdelemben teljes mértékben részt vesz az ágazat, de ez nem mehet az európai bányászati ipar rovására. Rabi Ferenc, a Ma-

gyar Bánya- és Energiaipari Dolgozók Szakszervezetének elnöke azt mondta, hogy az elmúlt években jelentős kihívások érték a bánya- és energiaipart a lezajlott privatizációs folyamattal és a teljes piacnyitással járó új versenyhelyzet létrejöttével. Az ágazat dolgozóinak érdekeit pedig jelentősen befolyásolja a Brüsszelben elfogadott klímacsomag is. A balatongyöröki konferencia összehívásával az volt a céljuk, hogy európai szinten is megismerjék a szabályozók hatásait, illetve megismerjék a munkáltatói és munkaadói oldal álláspontját a szakszervezeti stratégia kialakításához.

Ez utóbbi a munkavállalók biztonságát, az ágazati és vállalati szintű kollektív szerződések fenntartását és a szakszervezeti tagok, munkavállalók elismerését segíti. Zoltay Ákos, a Magyar Bányászati Szövetség főtitkára emlékeztetett arra, hogy energiaínség van a világban és így Európában is, ezért a hazai energiaforrások optimális kihasználása érdekében alternatívaként kell figyelembe venni a szénbányászatot. Hozzátette, hogy Magyarországon mintegy 4-5 ezer megawattnyi erőművi kapacitást kell korszerűsíteni és kiépíteni, amelyhez jelentősen hozzájárulhatnak a szénbázisú, de a korábbiakkal ellentétben ma már „tiszta" erőművek. Közölte: a Mátrai Erőműnél a bükkábrányi lignitre alapozva történhet meg a bővítés a tulajdonos RWE saját beruházásában, de reményeik szerint uniós forrásokhoz is hozzájutnak.

Elmondta, hogy jelenleg már csak két szénbánya van Magyarországon, és bár a régieket újranyitni igen költséges lenne, a Mecsekben található nagy mennyiségű feketeszén és az urán újbóli kitermelése gazdaságos lehetne.

Thorsten Diercks elmondta: az Európában mintegy 250 ezer embert foglalkoztató ágazat meglehetősen stabil, nem érzi meg olyan mértékben a gazdasági válságot, mint akár az autóipar. Az Európai Unióban az előállított villamos energia átlagosan 29 százaléka származik szén- és ligniterőművekből, bár az egyes tagállamok között jelentősek az eltérések. Rabi Ferenc hozzátette: Magyarországon 17-19 százalék közötti az energiatermelésben a szénalapú erőművek részesedése. A közvetlen energetikai célú szénbányászat jelenleg 3.600 embert foglalkoztat.

## AMERIKAI TÖREKVÉSEK

Tucatszám épülnek a régi, hagyományos szénerőművek az Egyesült Államokban, ezzel évtizedekre előre biztosítva az ágazat első helyét az üvegházhatású gázok kibocsátásáért felelős ipari szennyezők toplistáján. Az Amerikai Energetikai Minisztérium statisztikája szerint az utóbbi két évben 32 szénerőmű építése volt folyamatban, ezeknek a felét már át is adták. A fosszilis eredetű energiahordozóra alapozó beruházási hullámot növekvő aggodalommal szemléli a társadalom, különösen a nyugat-virginiai bányakatasztrófa és a BP egyik, Mexikóiöbölbeli olajkitermelő egységének felrobbanását követő brutális környezetszennyezés láttán.

A hagyományos szénerőművek reneszánsza két dologra mindenképpen figyelmeztet: egyrészt a reményteljes „tiszta széntechnológia" még kiforratlan, másrészt a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére irányuló törekvések zátonyra futottak. Méghozzá állami bábáskodás mellett, ugyanis júliusban a szenátus – az ellenzéki republikánusok és a szénbányászatban érdekelt államok demokrata szenátorainak támogatásával – lesöpörte az asztalról az ezt törvényi szinten rendező jogszabályt.

Az amerikai áramfogyasztás felét szolgáltató széntüzelésű erőművek káros környezeti hatásainak csökkentése ettől még téma marad Washingtonban. Igaz, az arányokat jól jellemzi, hogy az Obama-kabinet a gazdaságélénkítő csomagjából 3,4 milliárd dollárt adott a tisztaszén-technológiával kísérletező erőművek fejlesztésére és a káros gázok lekötését célzó kutatásokra, miközben a hagyományos szénbányákra és szenes erőművekre a magántőke tízszer ennyi pénzt költ.

A beruházók és a szolgáltatók azzal érvelnek, hogy a szén bőséggel áll rendelkezésre, emellett a belőle nyert áram olcsóbb, mint a földgáz eltüzelésével előállított, a szélerőművekről és a napelemekről már nem is beszélve. S bár az új szenes erőművek árama nagyjából 30 százalékkal kerül majd többe, még így is megőrzi versenyképességét.

A Washington Post írásában utal arra, hogy a szeneslobbi vitorlájából azért rendesen sikerült kifogni a szelet. Tudósok és környezetvédők határozott fellépése több tucat beruházást akadályozott meg vagy késleltetett, számos esetben a bíróságra bízva az elutasító határozat kimondását. Összesen 151 erőműépítési projektet jelentettek be 2008 óta, e szerint csak minden ötödiket sikerült engedélyeztetni. De még így is elég ahhoz, hogy a szénalapú áramtermelés hosszú távon megőrizze vezető helyét.

A 32 új szénerőmű összkapacitása 17,9 ezer megawatt, ez a magyarországi áramigény durván 3,5-szerese. Csaknem 16 millió háztartás ellátását tudják biztosítani, ennyi otthon van Arizona és Kalifornia államban együttvéve. A mérleg másik oldalán évi 125 millió tonna gáz kibocsátás áll, ami 22 millió gépjármű éves emissziójának felel meg. Noha a nitrogén-oxid és a kén leválasztása már megoldott, a szén-dioxid egyenest a légkörbe kerül, s a lekötésére és semlegesítésére irányuló technológia széles körű alkalmazásától még 15-20 évre vagyunk. A végcél, hogy a lekötött szén-dioxidot föld alatti geológiai formációkban hosszú időkre „kivonják a forgalomból".

John Grasser, a szaktárca szóvivője elismerte, hogy az új erőművek engedélyezésével elszalasztot-ták a lehetőséget a kibocsátás radikális csökkentésére. A tiszta technológia kidolgozásához azonban idő kell, míg az áramra most azonnal van szükség – érvelt.

Addig is az erőműtársaságok megteszik a tőlük telhetőt: kihagyják a szén-dioxid-szűrő helyét az utólagos beépítés reményében. És várnak egy olyan formátumú tudósra, mint amilyen Thomas Edison volt, akinek a tervei alapján New Yorkban 1882-ben megépült az első klasszikus szénerőmű.

## A KELETKEZETT SZÉNDIOXID SEMLEGESÍTÉSE

Az egyértelmű, hogy az emberi tevékenység következtében megnövekedett $CO_2$kibocsátás hozzájárul az üvegházhatás kialakulásához – az üvegházhatás növekedése pedig hozzájárul a felmelegedéshez.

A felmelegedésnek pedig – egy mértéken felül – katasztrófális kihatása van a Földön élőkre. Tehát a Földön élőknek kiemelt fontosságú, hogy az általuk okozott széndioxid kibocsátást csökkentsék.

A $CO_2$ kibocsátás csökkentésének egyik módja, a széndioxid gáz visszasajtolása a föld alá.

A leválasztott széndioxidot biztonságos módon tárolni kell.

A nagy mennyiségű $CO_2$-t biztonságos tárolására a földalatti tárolás a legalkalmasabb. Ezt a megoldást nevezik a $CO_2$ visszasajtolásnak. A széndioxid elhelyezésére szárazföldi körülmények között elméletileg négy lehetőség adott:

- leművelt szénhidrogén-tárolók
- sósvízes rezervoárok
- bányászatra alkalmatlan széntelepek
- bázisos, ultrabázisos kőzettestek

Leművelt szénhidrogén-tárolók felhasználása mellett szól, hogy ezek a tárolók bizonyítottan képesek a geológiai időskálán mérhető ideig megtartani cseppfolyós halmazállapotú anyagokat. Az is előny, hogy kiépített infrastruktúra (kutak, csővezetékek) áll rendelkezésre.

Az úgynevezett sósvízes rezervoárok jóval elterjedtebb potenciális tárolók, mint a leművelt szénhidrogéntárolók. Ezek a potenciális tárolók porózus és áteresztő kőzetek, melyek általában a szokásos ivóvíztárolóknál mélyebben helyezkednek el. Nagy tárolási potenciáljuk miatt a kutatások homlokterébe kerültek.

A bányászatra alkalmatlan széntelepek esetében a tárolás földtani kockázatait a nem bányászott kőszéntelepekben való hosszú távú biztonság és az alkalmazott technológia környezetre gyakorolt hatásai jelentik.

Jelenleg Norvégiában (Sleipner, Snohvit), Algériában (In Salah) és az Egyesült Államokban (Weyburn) történik évi néhány millió tonna szén-dioxid visszasajtolása. Magyarországon 2001 óta folyik célzott kutatás a hazai széndioxid földalatti tárolási lehetőségeinek megismerésére. Ilyen témájú európai finanszírozású projektek voltak: NASCENT (2001-2003), CASTO (2004-2008) és EU Geocapacity (2006-2008). Hazai finanszírozású projektek: MOL-ELGI K+F projekt, és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet folyamatos kutatási tevékenysége. A kutatások alapján megállapították, hogy nincs földtani, illetve műszaki akadálya a széndioxid földalatti tárolásának.

**Az utóbbi évek nemzetközi kutatási keresik a választ, hogy az energiatermelés folyamán keletkezett széndioxidot hogyan lehetne semlegesíteni. A kutatásokba az AlgaEnergy Kft is bekapcsolódott és az alga foto- bioreaktorokkal folytatott kutatásainak köszönhetve számos tanulmányában rámutatott az algákkal kapcsolatos ilyen irányú eshetőségekre.**

## A SZÉNDIOXID VISSZASAJTOLÁS PROBLÉMÁI

Az Európai Tanács és az Európai Parlament 2009-ben elfogadta a Klíma- és Energiacsomagot. Az új irányelvek egyik célja a leválasztás és a föld alatti elhelyezés technológiájának támogatása. Az uniós intézkedések másik célja, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése mellett jelentősen növeljék a tagállamok energiabiztonságát.

A leválasztott $CO_2$ föld alatti tárolása tekintetében Magyarországnak előnyös adottságai vannak. Ezen felül hazánk kivételes földtani tapasztalattal és tudással rendelkezik, amely megalapozza a hosszú távon is biztonságos szén-dioxid-elhelyezést.

Az európai és hazai projektek keretében végzett előzetes felmérés során a szén-dioxid szárazföldi elhelyezése esetén szóba kerülő tároló objektumok kapacitásvizsgálatát végeztük. A vizsgálatok alapján a leművelt szénhidrogén-előfordulások és sósvizes rezervoárok elméleti tárolókapacitása mintegy 2500−3000 Mt. Ugyanakkor a szenes rétegek tárolóként történő hasznosítása nem tűnik perspektivikusnak.

**Klímaváltozás**

Az ipar által a levegőbe kibocsátott szén-dioxid mennyiségének csökkentése globális környezetvédelmi probléma, egy globális környezeti katasztrófa megelőzésének feltétele. A sarki jég olvadása, a melegedő tengervíz hőtágulása miatti tengerszint-emelkedés, a nagyerejű ciklonok növekvő száma a kezdődő klímaváltozás intő jele, amely jelenségek egyik legfőbb kiváltó okaként az üvegházhatású gázok, ezen belül is a szén-dioxid kibocsátásának növekedését és a globális hőmérséklet markáns emelkedését jelölik meg. Amennyiben az üvegházhatású gázok, köztük a szén-dioxid mennyisége a légkörben megnövekszik, az infravörös sugárzás csapdázódása jelentősebbé válik, ami globális hőmérséklet-emelkedéshez, illetve klímaváltozáshoz vezethet.

A légkör összetételét és ezen belül szén-dioxid-tartalmát a történelem előtti időkben nagyon finom egyensúlyi folyamatok szabályozták. Az antarktiszi jégbe záródott levegő buborékainak tanulmányozása lehetővé tette a levegő összetételének nyomon követését és a klíma kapcsolatának elemzését több százezer évre visszamenőleg (például European Project for Ice Coring in Antarctica [EPICA] az antarktiszi jég mélyfúrásos mintavételezésére és vizsgálatára). Az antarktiszi, illetve grönlandi jégbe záródott levegő elemzése teljesen világosan azt mutatja, hogy a $CO_2$ koncentrációja jól követi a hőmérséklet változásait (Petit et al. 1997, 1999). A melegebb, interglaciális időszakokban a $CO_2$ mennyisége 280−290 ppmv (milliomodnyi térfogategység) között volt, míg a hidegebb időszakokban 190−200 ppmv körül járt.

A mai időszak földtudományi értelemben egy interglaciális, amikor emberi „hozzájárulás” nélkül a levegőben 280−290 ppmv szén-dioxid-koncentrációt

kellene mérnünk, ami így is volt az ipari forradalomig. Attól kezdve 1958-ig – amikor a légkör összetételének rendszeres mérései kezdődtek – 315 ppmv-re emelkedett a CO2 koncentrációja a levegőben, majd napjainkban elérte a 370–380 ppmv-t, és évente kb. 1,5 ppmv-vel emelkedik ez az érték. Ha ez a növekedési trend folytatódik, akkor fél évszázad múlva az 560 ppm érték fölé juthat a szén-dioxid koncentrációja, amely 2050-re kb. 1,5–2 °C, 2100-ra pedig 3–6 °C hőmérséklet-emelkedést okozhat pusztán a CO2 üvegházhatása nyomán. Egy ilyen mértékű hőmérséklet-emelkedés pedig belátthatatlan következményekkel járna, elsősorban a fejlődő országokban (Wigley – Raper, 2001; Murphy et al., 2004; Meinshausen, 2006).

**Jogi kötelezettségek**

2008. január 23-án az Európai Unió megfogalmazta a klímaváltozás elleni küzdelemmel, azaz a szén-dioxid-kibocsátás mérséklésével kapcsolatos terveit, az ún. Klíma- és Energiacsomagot. Ebben a tervezetben jelentős szerepet kap a megújuló energiaforrások komoly térnyerésének elősegítése mellett az energiahatékonyság növelésének, valamint a szén-dioxid leválasztásának és föld alatti elhelyezésének támogatása is. 2009 áprilisában az Európa Tanács és az Európa Parlament is jóváhagyta a tervezetet, és elfogadta a Klíma- és Energiacsomagot alkotó uniós direktívákat, melyeket a tagállamoknak 2011 júniusáig kötelező saját jogrendszerükbe integrálni.

A Klíma- és Energiacsomag részeként elfogadott, a klímaváltozás elleni küzdelem egyik fontos eszközének tartott CCS-technológia tökéletesítésében és alkalmazásában az Európai Unió vezető szerepet kíván betölteni. E vezető szerep elérése, illetve megtartása érdekében az elfogadott Klíma- és Energiacsomag több direktívája is a technológia mielőbbi alkalmazásának jogi kereteit adja meg.

A Klíma- és Energiacsomag a jelenleg MÉG nem, vagy csak speciális feltételekkel piacképes technológia kiterjedt biztonságos alkalmazhatósága európai szintű demonstrációjának finanszírozási alapját is megteremtette. Az elfogadott jogszabályok alapján az Unió az új belépők tartalékából 300 millió kibocsátási egységgel támogat úgynevezett zászlóshajó CCS-projektet. A zászlóshajó projektek kiválasztásának szempontja, hogy a legtöbbféle alkalmazott leválasztási és szállítási technológia, a legkülönfélébb tárolótípusok, valamint földtani, illetve földrajzi környezet képviselve legyen.

Az általános jogi keretek és finanszírozási feltételek meghatározása mellett a jogszabályok konkrét operatív feladatokat és a feladat végrehajtására, annak ellenőrzésére alkalmas szervezeti változtatásokat is a tagállamokra rónak. A CCS-technológia alkalmazására vonatkozó közösségi jogszabályok esetében a tagállam feladata annak szakmailag igazolt megállapítása, hogy a területén végezhető-e az ipari tevékenységből leválasztott szén-dioxid föld alatti tárolása. Amennyiben a tagállam szándékozik engedélyezni területén a CO2 geológiai tárolását, fel kell becsülni a területe egyes részein vagy egészén rendelkezésre álló tárolókapacitást, és létre kell hozni, vagy ki kell jelölni azt az egy vagy több, hatáskörrel rendelkező hatóságot, amely a föld alatti tárolással kapcsolatosan előírt feladatokat – engedélyezés, ellenőrzés – ellátja.

**Gazdasági és energiabiztonsági tényezők**

2013. január 1-jétől megszűnnek az ingyenesen kiosztható kibocsátási kvóták. Minden kibocsátónak (meghatározott körből) minden kibocsátásért fizetnie kell. A kibocsátás-mérséklés gazdasági szempontból lehető legkedvezőbb megoldásának keresése hazánk számára azért is kulcskérdés, mert Magyarország biztonságos és versenyképes energiaellátásához, hazai erőforrásként, hosszú távon csak a nagy mennyiségben rendelkezésre álló lignitkészlet képes hozzájárulni. A lignitvagyon felhasználása (a regionális szinten kiemelkedő foglalkoztatás mellett) a villamosenergia-termelésben csökkenti az importfüggőséget, és növeli a villamosenergia-ellátás biztonságát. A lignit használata – az Európai Unió által hazánkra is vonatkoztatott klímapolitikai célkitűzéseinek ismeretében – leginkább a CCS-technológiával összekötve valósítható meg. Mindezeken túlmenően, a kedvező hazai, föld alatti tárolási lehetőségek kiaknázása Magyarországot új iparágak számára teheti vonzóvá, amelyek kibocsátás-intenzív adottságaik miatt olyan területeket keresnek, ahol a CCS-technológia alkalmazására a lehetőségek rendelkezésre állnak. Az így létrejövő új iparágak nagyban hozzájárulhatnak a válság hatásainak csökkentéséhez, egyben elősegítik hazánk gazdasági megerősödését. Így Magyarország pozitív példaként szolgálhat a térség hasonló nehézségeivel küzdő államai számára.

Az éghajlatváltozást kezelő uniós intézkedések kiemelt célja az is, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenése mellett jelentősen növeljék a tagállamok energiabiztonságát. Az olaj- és gázbehozatal mértéke ugyanis a tervezett intézkedések hatására 2030-ra mintegy 20%-kal csökkenne.

**Hazai felmérési tevékenység**

Magyarországon 2001 óta folyik célzott kutatás a hazai szén-dioxid föld alatti tárolási lehetőségeinek megismerésére. A vizsgálatok eleinte szinte kizárólag európai finanszírozásban valósultak meg három egymásra épülő K+F projekt keretében: NASCENT (2001– 2003), CASTOR (2004–2008) és EU GeoCapacity (2006–2008). Hazai kutatási pénzeket 2006-tól sikerült mozgósítani a felszín alatti szén-dioxid tárolási lehetőségeinek vizsgálatára (Stratégiai Kutatások MTA–MEH számára; MOL–ELGI K+F projekt). A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet tevékenységében a téma állami kutatási feladatként 2006 óta szerepel.

A felsorolt kutatási projektek célja azoknak a geológiai objektumoknak a feltérképezése volt, amelyek alkalmasak lehetnek az ipari eredetű szén-dioxid hosszú távú, biztonságos tárolására. A feltérképezés mellett cél volt a potenciális tároló szerkezetek tárolókapacitásának elsődleges meghatározása is egy egységes, európai módszertan alkalmazásával.

A szén-dioxid elhelyezésére szárazföldi körülmények között elméletileg négy lehetőség adott:

- leművelt szénhidrogén-tárolók;
- sósvizes rezervoárok;
- bányászatra alkalmatlan széntelepek (szenes rétegek);
- bázisos, ultrabázisos kőzettestek.

A magyarországi földtani adottságokat figyelembe véve részletesen vizsgáltuk a magyarországi leművelt szénhidrogén-tárolókat, sósvizes rezervoárokat valamint a bányászatra alkalmatlan szenes rétegeket.

**Leművelt szénhidrogén-tárolók**

A leművelt szénhidrogén-rezervoárok mint a CO2 tárolásának lehetséges helyszínei mellett szóló egyik legjelentősebb érv, hogy ezek a rezervoárok bizonyítottan képesek voltak geológiai időskálán mérhető ideig a földfelszín alatt tartani cseppfolyós halmazállapotú anyagokat. Jelentős argumentum az is, hogy a rezervoárokhoz kapcsolódóan már létezik a kút- és csővezeték-infrastruktúra, amely – legalább részben – felhasználható lehet a besajtolás és monitoring elvégzésére.

A szén-dioxid föld alatti elhelyezése céljából földtani, műszaki, rezervoárgeológiai és szénhidrogén-termelési stratégiai szempontok alapján megvizsgáltuk Magyarország szénhidrogéntelepeit. A gazdasági szempontok elsősorban a tároló potenciális méretére vonatkoznak, amely szerint a számba veendő előfordulásoknak minimálisan 2 Mt becsült tárolókapacitásúaknak kell lenniük. A földtani feltétel elsősorban a telepeket záró vastag, területileg kitartó impermeábilis fedőrétegek megléte volt, de lényeges szempontnak bizonyult a potenciális telepek tektonikai, rétegtani (sztratigráfiai) helyzete is. A műszaki alkalmasságot a tárolókat harántoló fúrások minőségének vizsgálata alapján határoztuk meg. Lényeges szempont volt a telepek rezervoárgeológiai tulajdonságainak elemzése, hiszen a porozitás, permeabilitás és víztelítettség értékei, valamint a hidrodinamikai tulajdonságok lényegesen befolyásolják egy telep alkalmazhatóságát tárolóként. Figyelmet fordítottunk a telepek jelenlegi és tervezett felhasználására, hiszen ez a tényező határozza meg elsődlegesen a telepek rendelkezésre állását CO2-tárolás céljára.

A vizsgálat során lényeges szempont volt a lakott területek közelében elhelyezkedő leművelt telepek kizárása is a lehetséges CO2-tárolók listájából. Kizártuk a vizsgálatokból a szén-dioxiddal feltöltött, illetve földtanilag alkalmatlan mezőket is.

Nem vizsgáltuk részletesen a jelenleg gáztárolóként működő mezőket sem. Ugyanakkor ezekre a területekre vonatkozóan, hosszú időtávon belül elméletileg bevethető előfordulásokként, mező szintű kapacitásbecslést végeztünk. Nem végeztünk részletes vizsgálatot, csak kapacitásbecslést adtunk azon mezők esetében is, amelyeket tíz éven belül fedeztek fel, így a készletek és a rendelkezésre állás várható időpontja még bizonytalan.

Részletesen vizsgáltuk viszont azokat a leművelt mezőket, amelyek rendelkezésre állás szempontjából rövid (10 éven belül), illetve közepes időtávon (25 éven belül) alkalmasak lehetnek $CO_2$ befogadására. Ezen mezők esetében részletes, telepszintű feldolgozást végeztünk az alkalmasság, illetve befogadóképesség tekintetében. A becsült $CO_2$-befogadó képesség a rövid, illetve középtávon belül rendelkezésre álló telepek esetében meghaladja a 170 Mt-t, míg a csak hosszú távon rendelkezésre álló telepekkel együtt a tárolókapacitás mintegy 400–450 Mt lehet

A szén-dioxid-elhelyezés szempontjából felmerülő objektumok közül a leművelt szénhidrogén-tárolók – bár a tárolási projektek kora szakaszában vélhetően jelentős szerepet játszhatnak  tárolókapacitása csak korlátozott (Magyarország esetében ez maximálisan mintegy 400–450 Mt, amely több mint negyven tároló kapacitásából adódik össze). Ráadásul ezek az objektumok gyakran a kibocsátóktól távol esnek. A leművelt szénhidrogén-tárolók esetében további problémát jelenthet a nagyszámú, gyakran a $CO_2$ tárolása szempontjából alkalmatlan, nem saválló cementezéssel készített kút is.

**Sósvizes rezervoárok**

A leművelt szénhidrogén-előfordulásoknál lényegesen elterjedtebb potenciális tároló objektumok az ún. sósvizes rezervoárok. A sósvizes tárolókat porózus és áteresztő rezervoár kőzetekként definiálhatjuk, melyek sós vizet tartalmaznak a pórusaikban. Ezek a kőzetek általában a szokásos ivóvíztárolóknál mélyebben helyezkednek el, és vizük nagy sótartalma és/vagy a nagy mélység miatt gazdaságosan nem hasznosíthatók. Megjegyzendő, hogy sem Magyarországon, sem pedig az Európai Unióban nincsen definiálva a 'sós víz' fogalma.

Rendkívüli tárolási potenciáljuk miatt a sósvizes rezervoárok a $CO_2$-elhelyezéssel foglalkozó kutatások homlokterébe kerültek. Az intenzív kutatást indokolja kisfokú ismertségük is, különösen a leművelt szénhidrogéntelepekkel kapcsolatos ismeretekhez képest.

A sósvizes rezervoárok esetében, annak érdekében, hogy alkalmasak legyenek az ipari szén-dioxid hosszú távú, biztonságos tárolására, az alábbi feltételek teljesülése szükséges (Chadwick et al., 2007):

1. elég nagy a rezervoár porozitása, valamint kiterjedése ahhoz, hogy elegendő mennyiségű szén-dioxidot tároljon,
2. eléggé szeparált az ivóvízként és termálvízként használható vízbázistól,
3. valamint 0 permeabilitású, jól záró fedője van, ami megakadályozza a szén-dioxid felfelé szivárgását.

A beinjektált szén-dioxid egy része oldódik a vízben, valamint reakcióba léphet a kőzettel, egy része pedig karbonát ásványként kicsapódhat. Ez az ásványképződés tovább csökkentheti a fedő porozitását, ezzel együtt pedig a szén-dioxid elszivárgásának mértékét is. Azonban a beoldódás és az ásványképződés folyamata igen lassú, tíz-százéves időintervallumban lehet jelentősége, így a kiszemelt sósvizes rezervoárnak e folyamatok lejátszódása nélkül is alkalmasnak kell lennie a besajtolt szén-dioxid hosszú távú (több ezer év) visszatartására. Ennek

alapján a hazai sósvizes rezervoárok számbavételekor és tárolókapacitásuk megbecsülésekor a beoldódás és

A sósvizes rezervoárok CO2-tárolásra történő hasznosítása során nem szabad figyelmen kívül hagyni a rezervoárok geotermikus hasznosítási lehetőségét sem. Meg kell vizsgálni azt is, hogy milyen mód nyílik a geotermikus és tárolási tevékenység együttes megvalósítására.

**Bányászatra alkalmatlan széntelepek**

A tárolás földtani kockázatait a le nem bányászott kőszéntelepekben való tárolás hosszú távú biztonsága és az alkalmazott technológia környezetre gyakorolt hatásai jelenthetik.

Az ideális kőszéntelepi tároló földtani feltételei az alábbiak:

- a kőszéntároló szerkezete homogén legyen;
- a körülvevő fedő és fekü képződményektől jól elhatárolódjon;
- a törések és
- permeabilitása 1–5 mDarcy vagy nagyobb;
- 300–1500 m mélységben helyezkedjen el;
- a kőszénelőfordulásban a telep vastagsága nagy és homogén;
- hamutartalma alacsony;
- le nem bányászott kőszéntelep;

Magyarországon kilenc kőszénmedencét különböztetünk meg (3. ábra), melyek kora a jurától a felső miocénig terjed, a lignittől az alacsony szénültségi fokú feketeszén állapotig. A magyarországi kőszenek teleptani helyzete változó. Míg barnakőszeneink döntően 400 m-nél nem mélyebb fekvésűek, a felső miocén lignitek és jurakorú feketekőszenek elterjedése a felszíntől több ezer méter mélységig igazolt.

A széntelepek esetében a szén-dioxid tárolása szempontjából a földtani adatok mellett csak a legfontosabb minőségi adatok vizsgálata történt meg. A $CO_2$-tárolás szempontjából jelentős adatok (porozitás, permeabilitás, gáztartalom, gázösszetétel és sokszor a talphőmérséklet) hiányoznak, nem is beszélve a telepes csoportok hidrodinamikai jellemzéséről. A potenciális tárolók további kutatása a hiányzó paraméterek pontosítását, a szerkezeti és hidrodinamikai rendszer modellezését igényli.

A tárolás szempontjából egyik perspektivikus előfordulás a jurakorú Mecseki Kőszén Formáció igen magas metántartalmával lehet potenciális jelölt az ECBM (Enhanced Coal Bed Methane – növelt hozamú metántermelés) technológia számára. Ismerve a kőzet átlagosan nagyon alacsony áteresztőképességét, alacsony porozitását, rendkívül alacsony víztartalmát és plasztikus tulajdonságait, a $CO_2$-tárolás esélyei a medence területén általában kedvezőtlenek. Ugyanakkor a felső miocén eleji tektonikai mozgások utóhatásai (mikrorengések) a feszültségtér változásaira vezethetők vissza, ami azt is jelenti, hogy a nyomásos-húzásos tektonika a medence egyes részein változó.

Másik potenciális tárolónak az Ajkai Kőszén Formáció tűnik megfelelő mélysége és szénültsége alapján. A telepes csoport fedő felé zárása a litológiai adatok alapján feltételezhető, de a triász alaphegység karsztrendszere esetleges veszélyforrásként értelmezhető. Az északi, legmélyebben fekvő Somlóvásárhelyi-medence megkutatottsága igen alacsony, ezért a képződmény alkalmasságát csak további kutatással és a kőzetfizikai paraméterek ismeretében lehet meghatározni.

Legnagyobb területi elterjedésű potenciális képződményünk az Újfalui Formáció, mely az Alföld és a Zala-, Dráva-, Mura-medencék területén nagy mélységben is megtalálható. A mélyen fekvő medencékben az eddigi ismeretek alapján általában vékonytelepek várhatók. Veszélyforrást a szenes képződmények folytonosságának hiánya és a közvetlenül érintkező homokos összletekenkeresztül a besajtolt gáz szivárgása jelenthet.

Előzetes becsléseink alapján a kőszenes formációkban tárolható szén-dioxid mennyisége 75–110 Mt lehet. A nagyfokú bizonytalanság és a viszonylag kis tárolási potenciál mellett a szenes formációk tárolóként való hasznosítását egyelőre elvetettük.

**Lesz-e Magyarországon ipari szén-dioxid-visszasajtolás?**

Bár Magyarország nem tartozik az Unió legnagyobb szén-dioxid-kibocsátói közé, természeti adottságai, az energiabiztonság szempontjából rendkívüli kitettsége és geopolitikai pozíciója miatt komoly esélye lehet egy európai zászlóshajó projekt hazai megvalósítására. Az európai támogatástól függetlenül, az uniós jogszabályi környezet miatt szükséges a kérdéssel mélyrehatóan, tudományos igényességgel foglalkozni.

A korábbi vizsgálatok alapján egyértelműen kijelenthetők az alábbiak:

A magyarországi szénhidrogén-tárolókra vonatkozóan a több évtizedes tapasztalatnak köszönhetően magas szintű ismeretekkel rendelkezünk. Ezen ismeretek alapján megállapítható, hogy nincs földtani, illetve műszaki akadálya az ipari szén-dioxid ilyen típusú tárolásának. A gazdasági relevancia kérdése azonban további vizsgálatokat igényel.

A sósvizes rezervoárok számbavétele európai és hazai projektek keretében alapszinten megtörtént. Elvégeztük a perspektivikus formációk kijelölését, amelyek közül a Szolnoki Formáció bizonyult a legalkalmasabbnak további vizsgálatok elvégzésére. Annak érdekében, hogy a kijelölt formációk tényleges alkalmasságát bizonyítani lehessen, a következő területeken szükséges az előrelépés:

- az általános földtudományi megismerési szint növelése Magyarországon;
- a tárolókapacitás becslésének folyamatos pontosítása, a kapacitással mint földi erőforrással történő gazdálkodás szempontjainak kidolgozása;
- a potenciális tárolótérségek alapállapot-felmérése, kapacitásának becslése, biztonsági szempontú kockázatainak értékelése;
- a besajtolt CO2 és a környezet (kőzet, fluidum, oldott anyag) kölcsönhatásának vizsgálata;
- a besajtolt CO2 nyomon követése a tárolóban, a migráció vizsgálata, monitoring eljárások kidolgozása;

- az optimális tárolókiválasztás szakmai szempontjainak kidolgozása a fentiekben elvégzett vizsgálatokra is alapozva;
- a hosszú távú földtani stabilitás vizsgálata, veszélyforrás-előrejelzés, értékelés (földrengés-veszélyeztetettség, a rezervoár hosszú távú stabilitása stb.);
- a tároló stabilitásának biztonsági elemzését elősegítő módszertan kidolgozása a hatások teljes körű elemzése érdekében.

A CCS-technológia alkalmazásának egyik kritikus része – vagyis a leválasztott $CO_2$ föld alatti tárolása – tekintetében Magyarországnak előnyös adottságai vannak. Az elmúlt kilenc évben a hazai és európai kutatási projektek keretében végzett előzetes áttekintő vizsgálatok kedvező eredményei mellett, a Magyarországon több mint egy évszázada folyó földtudományi kutatásnak és ezen belül a szénhidrogén-kutatásnak és -termelésnek köszönhetően kivételes földtani tapasztalattal és tudásanyaggal rendelkezünk, amely megalapozza a $CO_2$-elhelyezés hosszú távon is biztonságos megvalósításának lehetőségét.

**A tapasztalatok**

A globális felmelegedés kérdése napjaink egyik legfontosabb problémája. A felmelegedés okairól megoszlanak a vélemények. Jelentős szervezetek, kutatóintézetek stb. foglalkoznak az okok felderítésével és a megoldások keresésével. Az a meggyőződés kezd kialakulni, hogy a felmelegedés egyik oka az emberi tevékenység: a fosszilis tüzelőanyagok elégetése során keletkező szén-dioxid mint üvegházhatású gáz jelentősen hozzájárul az éghajlatváltozáshoz. Több megoldás egyidejű alkalmazását javasolják a légkör $CO_2$ -tartalmának csökkentésére (IPCC, 2005, 2009). Ezek közül az egyik az ún. CCS- (carbon capture and sequestration, azaz a szén-dioxid, pontosabban a szén összegyűjtése és elhelyezése, ill. elzárása) technológia (Jarell et al., 2002). Ez azt jelenti, hogy a fosszilis tüzelőanyagok (szén, kőolaj, földgáz) erőműi eltüzelése során keletkezett, illetve koncentrált kibocsátású helyeken a $CO_2$-t össze kell gyűjteni, le kell választani, szállításra előkészíteni (befogás), szállítani és például földtani szerkezetekbe besajtolni, s hosszú ideig (évszázadokig, évezredekig, vagy azon túl is) ott biztonságosan megőrizni. Ezt a megoldást kb. a 21. század közepéig kellene alkalmazni, amikor is az új típusú energiaforrások megjelenésével a fosszilis tüzelőanyagok domináló szerepe a készletek csökkenése miatt várhatóan kisebb lesz.

**Igényfelmérés az elzárásra**

Az IEA WEO (2009) két változatot dolgozott ki:

- a világ energiafogyasztása korlátozás nélkül –alapváltozat;
- a világ energiafogyasztása korlátozással – 450 ppm változat.

Az alapváltozat esetén a légkör $CO_2$-koncentrációja 2030-ig a jelenlegi 360 ppm értékről 1000 ppm-re növekedne, az átlagos hőmérséklet pedig +6 °C-kal emelkedne, amikor is a globális felmelegedés folyamata, illetve annak következményei már megfordíthatatlanok. A 450 ppm változat esetén 2030-ig a hőmérséklet növekedése +2 °C, és a becslések szerint a globális felmelegedés folyamata megfordítható.

A két változat közötti különbség, azaz a $CO_2$-emisszió csökkentése az ipari és energiaszektor területén, az IEA (2009) ütemezése szerint: 2010-re 0 Gt, 2020-ra 3,6 Gt, 2030-ra 13,8 Gt. Ha mindezt a volument geológiai szerkezetekben tárolni akarnánk, akkor 2030-ig függetlenül a rendelkezésre álló geológiai szerkezetek tároló térfogatától, nagyobb CO2-besajtoló rendszert kellene kiépíteni, mint amekkora 2030-ban a kőolaj- és földgázkitermelő rendszerre összesen rendelkezésre áll majd, ez pedig kivitelezhetetlen.

Ezért több megoldás egyidejű alkalmazását javasolják a 450 ppm (erőművi és ipari kibocsátás) változat megvalósítására: az energiafelhasználás hatásfokának javítása, erőművek korszerűsítése, gázfelhasználás növelése (például a szénfelhasználás rovására), szénben szegény energiaforrások előtérbe kerülése (megújuló energiák), bio-tüzelőanyagok alkalmazása, atomenergia, energiatakarékosság, CCS stb.

Az IEA javaslata szerint a 450 ppm változat megvalósítása esetén 2030-ra kiépítendő CCS-kapacitás kb. 1,4 Gt, ez az ipari és energiaszektor szén-dioxid-kibocsátásának kb. 10%-a. Az IPCC szerint a rendelkezésre álló, becsült tároló térfogatok a $CO_2$ deponálására (Gt-ban): kitermelt olaj- és gázmezők: 675–900; EOR: 35; EGR: 80; só-kaverna: 0(?); CBM: 20–200; aquifer: 1000–10 000. Ez azt jelenti, hogy a szén-dioxid elzárására potenciálisan óriási térfogatok állnak rendelkezésünkre.

**Elhelyezés és a műveletek biztonsága**

A szerkezettel szembeni követelmények: fedőkőzet át nem eresztő képessége és integritása, a földtani szerkezet zárása, a kőzet porozitása és a tároló kőzet áteresztőképessége a besajtolhatóság miatt.

**Földtani szerkezetek zárási biztonságának igazolása**

Több százezer fluidum (kőolaj- és földgáztelep) szerkezetet (csapda) ismerünk, amelyek évmilliók alatt megőrizték az ott csapdázódott fluidumot, és most azokat termeljük. Ezek között vannak $CO_2$-telepek is (például az USA-ban 2000–3000 milliárd $m^3$ nagyságrendben). Emellett kimutatták azt is, hogy a szén-dioxid természetes alkotója szénhidrogén-rendszereknek. A megfelelően kiválasztott szerkezetek alkalmasak a $CO_2$ megőrzésére.

**Elhelyezés és a műveletek biztonságos végrehajtása**

A hatékony kőolaj- és földgázbányászat (beleértve a föld alatti gáztárolást is) alapelve: önálló hidrodinamikai egységek (telep) termeltetése és esetleges kúthibák felismerése és felszámolása, tehát a hermetikusság biztosítása. Ezen a területen óriási tapasztalat halmozódott fel.

Ennek igazolására néhány adat:

- ez idáig a világon kitermelt mennyiségek: 175×109 $m^3$ kőolaj, 67×1012 $m^3$ földgáz;
- a termeléshez több milliós nagyságrendű kutat mélyítettek;
- nagyszámú (500) föld alatti gáztárolót létesítettek. A tároló térfogat (aktív gáz) 2030-ban várhatóan 750 milliárd m3/év lesz; a technológia hasonló a CCS-hez. Ennek a tárolt gáznak 15−20%-át eredetileg vizet tartalmazó kőzetekben (aquifer) tárolják;
- az USA-ban, illetve Kanadában a leválasztott szennyező gázokat (pl. kénhidrogént) földtani szerkezetekben helyezik el stb.

**A nemzetközi szénhidrogén-bányászat gyakorlata**

A szén-dioxiddal kapcsolatos olajipari tevékenység alapvető indítékai: $CO_2$-tartalmú gázokból e komponens leválasztása a fűtőérték biztosítása miatt általában aminos technológiával, illetve többlet olajtermelés biztosítása kőolajtelepekbe való szén-dioxid-besajtolással ($CO_2$ – EOR). Ezen a területen az USA a meghatározó. Erről néhány jellemző adat az USA-ra vonatkoztatva a következő:

- első üzemi alkalmazás: 1954;
- 2008 végéig összes ipari alkalmazás: 112;
- CO2-hálózat hossza több mint 5600 km;
- összes kút: 15373;
- eddig a többlet olajtermelés: 220×106 $m^3$.

A fentiekből látható, hogy az USA a $CO_2$ kezelésében és alkalmazásában óriási tudásbázissal rendelkezik (Sweatman et al. 2009; Moritis 2009; Mohan et al. 2009).

**A hazai szénhidrogén-bányászat gyakorlata**

Ki kell emelni azt, hogy csaknem az USA-val egyidejűleg Magyarországon is megkezdődtek a $CO_2$ alkalmazásával kapcsolatos kutatások az olajipar területén. Magyarország területén az összesen kitermelt szénhidrogén mennyisége 300 millió t kőolaj-egyenérték, ennek egyharmada kőolaj és kétharmada földgáz; kb. 10 000 kutat mélyítettek; a maximális termelés évente 2 millió m3 kőolaj; 7,5 milliárd $m^3$ földgáz; emellett természetes előfordulású, nagy $CO_2$-tartalmú gázvagyonnal is rendelkezünk (kb. 40×109 $m^3$).

**EOR CO2-besajtolással**

Magyarországon a szén-dioxid alkalmazását elsősorban a felkutatott természetes $CO_2$-telepek (81 mol% CO2-tartalom) gázának alkalmazása tette lehetővé. Ennek eredményeként 4,6×106 $m^3$ többletolajat tudtak termelni. A szanki mező esetében a földgázból leválasztott szén-dioxidot injektálják a teleprészekbe.

Föld alatti gáztárolás

Ez gyakorlatilag a CCS-hez hasonló technológia, mely területen jelentős tapasztalataink vannak. Néhány adat az igazolásra (Pápay,1999a):

- összesen tárolt gáz/év: 6×109 $m^3$;
- ezideig összesen tárolt gáz: kb. 120×109 m3;
- összes kapacitás: 80×106 m3/nap;
- összes kút: 250.

EGR (Enhance Gas Recovery) – CO2-besajtolással • Magyarországon vetődött fel először, hogy a CO2 felhasználható a földgáztelepek és a föld alatti gáztárolók hatékonyságának növelésére is. Így született meg a világon az első szabadalom is (1982) (EGR–CO2 – Ferenczy et al., 1982). Ennek alapján megvalósítottuk az első üzemi kísérletet (Budafa, szintfeletti XVI üzemi kísérlet 1986–1994 között [Pápay 1999b]). Összességében kijelenthető, hogy a magyar szakemberek, kutatók felkészültek az ilyen feladatok megoldására.

**Ipari méretű CCS-projektek**

A fentiekből egyértelműen következik, hogy a CCS-technológia olajipari tudásbázison alapszik. Ez azzal is igazolható, hogy valamennyi jelentősebb jelenlegi megvalósítást olajipari cégek kezdeményezték. Néhány ezek közül (IPCC 2005; Letcher 2008).

Az olajipari technológiáktól a CCS az időtényezőben különbözik, ezért a megvalósítás előtt kockázatelemzést javasolnak. A hosszú idő az előkészítés és a megvalósítás gondosságát követeli meg, megjegyezve, hogy a $CO_2$-csapdázódás feltételei (kémiai megkötés, diszperzió, oldódás stb.) az idő függvényében javulnak (IPCC 2005; Cooper 2009).

**A szén-dioxid-elhelyezés várható költségei**

Nagyszámú elemzés áll rendelkezésre. Az IPCC (2005) elemzése szerint a költségek nagyságrendje 1t $CO_2$-re vonatkoztatva a következő:

- Amennyiben a CO2-elhelyezés többlet olaj- és gáztermeléssel összekötött (EOR, EGR), akkor a fajlagos költségek akár 50%-kal csökkenthetőek (IPCC, 2005).
- Kovács Ferenc (2009) a széntüzelésű erőművek és CO2 leválasztása okozta (áram) költségnövekedésről ad átfogó elemzést. Eszerint a befogás áramköltség-növelő hatása 25−75%.
- A 450 ppm változat megvalósítása esetén CCS-ek létesítésére 2030-ig 300−400 milliárd USD-t kellene fordítani.
- Az összes költség (2030-ig), amely az 1000 ppm változat helyett a 450 ppm megvalósítását jelentené, 1000−1100 milliárd USD.

**Következtetések**

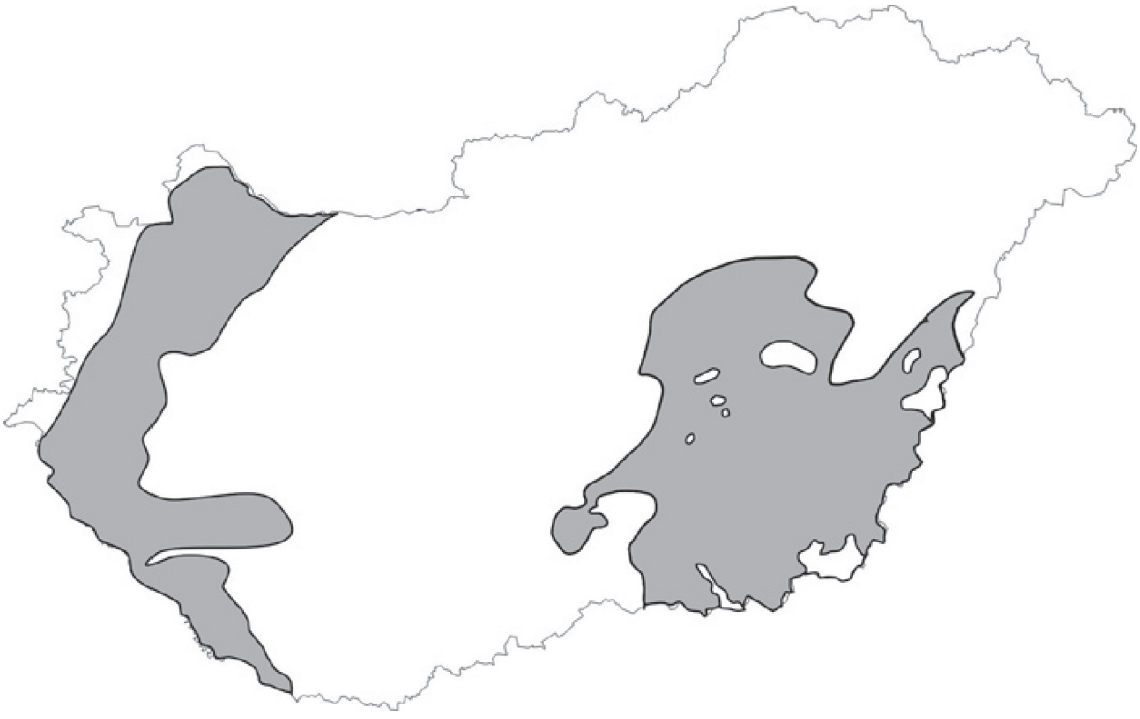
- A kőolaj- és földgázbányászat a fluidum (gáz, víz) földtani szerkezetekbe való visszasajtolása területén több mint száz-, míg speciálisan a CO2 esetén csaknem hatvanéves tudományos és műszaki tapasztalattal rendelkezik.
- Kijelenthető, hogy a CCS integrált technológia gyakorlatilag kidolgozott (elfogadva a tudományos-műszaki kutatás szükségességét). A

megfelelően kiválasztott földtani szerkezet és monitoringrendszer garantálja a CO2 hermetikus megőrzését.

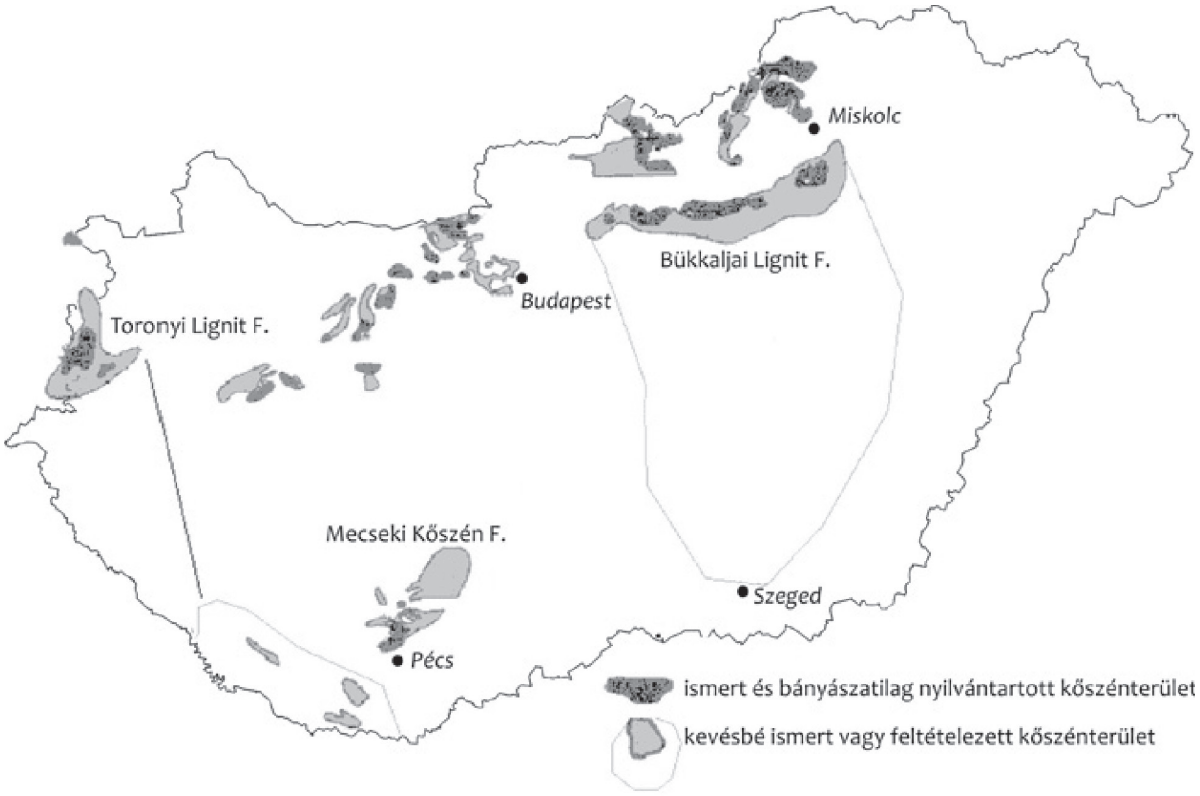
- A CO2 befogása, előkészítése, szállítása, visszasajtolása és megőrzése nagy költségű műszaki tevékenység, amelynek pénzügyi fedezetét meg kell teremteni (politikai és gazdasági döntés szükséges).
- A CCS-technológia környezetvédelmi, jogi stb. hátterét hazánkra is meg kell alapozni, ki kell dolgozni, illetve alkalmazni kell.
- Hazánk rendelkezik minden geo-műszaki tapasztalattal a lehetőségek korrekt felmérésére, és a CO2 földtani szerkezetekben történő, az adottságainknak megfelelően költséghatékony és biztonságos elzárására.



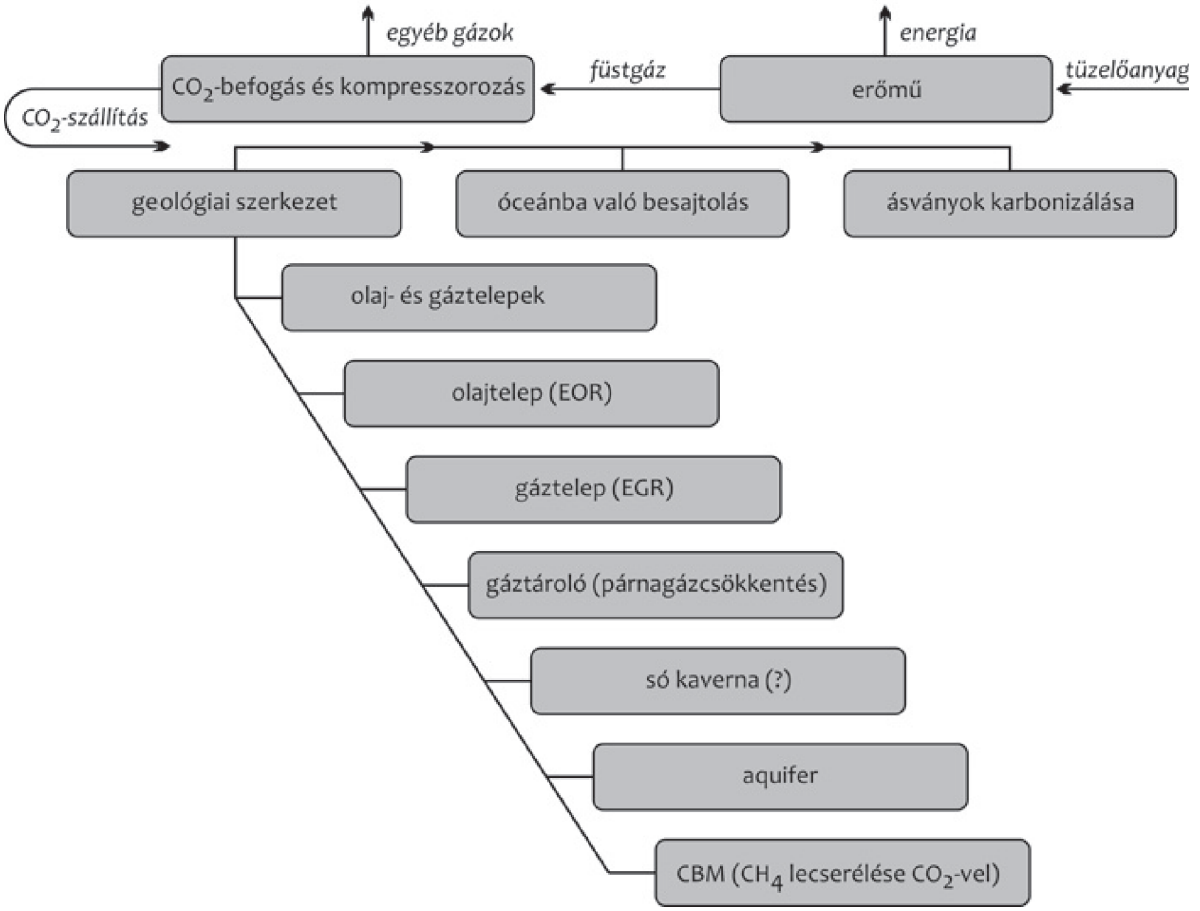
*1. ábra: Leművelt szénhidrogéntelepek, amelyeken előzetes tárolópotenciál-vizsgálat történt*



*2. ábra: A Szolnoki Formáció elterjedése Magyarországon (Juhász, 1992; 1998 alapján)*




*3. ábra: Magyarországi kőszén-előfordulások területi elhelyezkedése (Vangkilde-Pedersen et al., 2008)*




*4. ábra: A CO2-befogás és elzárás folyamata*

## A SZÉNDIOXID SEMLEGESÍTÉSE MÁS MÓDSZERREL

**Mivel a széndioxid visszasajtolására nem mindegyik területen van lehetőség – sőt Magyarországon a szénbányák, amelyek közelében széntüzelésű elektromos energiát termelő erőműveket lehet létrehozni nem esnek a leművelt szénhidrogén telepek közelébe – így a kutótcsoportunk a keletkezett szén dioxiodot nem visszasajtolással szeretnék megoldani, hanem a szénerőmű szomszédságában létrehozott alga biodízel előállító blokkban semlegesítenék az erőmű működése során keletkezett széndioxidot.**

**Kutatócsoportunk szakemberei kutatásaikat követve megterveztek egy új alga-biodízel termelőüzemet, ahol nemcsak alga biodízel állítanának elő, hanem az erőmű működése során keletkezett teljes széndioxid mennyiséget semlegesítenék vagyis táplálékként hasznosítanák az algák tenyésztéséhez.**



**Az alga-fotobioreaktor terve üvegházban**

- A génmódosított cca. 70%-os olajtartalmú algafajok már gazdaságosak lehetnek olaj előállítására. Egy liter algaolaj előállításának jelenlegi költségeit a szakirodalmi adatok cca. 75.- Ft körülire teszik. Ennek konkrét mértékét elsősorban a technológia befolyásolja.
- Az algaolaj sok szempontból (sűrűség, viszkozitás, fűtőérték) közelebb áll a dízelolajhoz a többi növényi olajnál, ugyanakkor a többi növényolajnál több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. Ez hátrányosan befolyásolja a belőle készített biodízel stabilitását, viszont jóval könnyebb hidegindítást tesz lehetővé. Az algaolaj nagy telítetlen zsírsavtartalma, magas jódszáma, valamint magas nyomelem-tartalma táplálkozás-élettani szempontból kiválóak, azonban az algaolaj átészterezését megnehezíthetik.
- Ha ezt az olajat fűtőolajként szeretnénk hasznosítani akkor észterezni nem szükséges. Az alga-biodízel előállítása észterezési eljárással további cca. 10.- Ft-ba kerül literenként.

**Paraméterek**

- Egy 6 m vápamagasságú üvegházban algalétára 20 emeletnyi 15 cm átmérőjű polykarbonátcső helyezhető el.
- Egy folyóméter csőben 17,5 liter algaszuszpenzió kering.
- A 3000 $m^2$ üvegházban 2500 $m^2$-en terül el az algafotobioreaktor csőhálózata, 500 $m^2$ pedig a gépészet található.
- Egy algalétra hossza 48 m.
- Egy algalétrán 1920 fm 15 cm átmérőjű cső van.
- Egy algalétra rendszerben 33.600 liter algaszuszpenziót keringetünk.
- 2500 $m^2$-en 25 darab létrarendszer van.
- A 25 fotobioraktorban összesen 840.000 liter algaszuszpenzióban szaporodik az alga.
- Ebben a konstrukcióban olyan génmódosított algát nevelünk amelynek olajtartalma eléri a 70%-ot.
- Az üvegházban (éjszakai mesterséges megvilágítás mellett) 24 órán keresztül szaporodik az alga.
- Ebben rendszerben cca. 10.000 liter algaolajat termelhetünk naponta.

**A rendszer**

Az alga:

- Chlorella minutissima alga olajtartalma 39,9%.
- 20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene.
- 5,7 pH értékű vízben kell szaporítani.
- Az algának a szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük.
- A mesterséges megvilágításnak legalább 130 lux/$m^2$ kell lenni.
- A vízben a buborékoltatáshoz 2% oldott $CO_2$-nek kell lenni.
- Tápanyag összetétele KHRPO 1,31; MgSO4 7H20, 0,5; urea, 0,44. Ca. 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01. Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA. pH 6.0.

**További információk**

- Amennyiben a legkevésbé hatékony módszert vesszük alapul abban az esetben naponta egyszeri szürettel a 840.000 liter alga szuszpenzióból cca. 5% tiszta száraz alga anyag nyerhető.
- Az így kinyert 42.000 liter száraz algának cca. 30%-a az olaj tartalom.
- Ultrahangos eljárással cca. 12.600 liter alga olaj nyerhető.

- Kísérleteink bizonyították, valamint a világ többi vezető alga kutatója által is elismert tény, hogy 1kg alga száraz anyag előállításához cca. 3 kg $CO_2$ felhasználásra van szükség.
- Így ha az üvegházban elhelyezett foto-bioreaktorunkban csak napi 1 „szürettel" számolunk abban az esetben is cca. 126.000kg CO2 felhasználására kerül sor.

**Konklúzió:**

- Természetesen a legújabb kutatások szerint az algaszuszpenzióból akár 15% tiszta száraz alga anyag is nyerhető.
- Továbbá az alga genetikai módosítása következményeként az alga olajtartalma elérheti akár 70%-ot is.
- Gazdaságossági szempontokat figyelembe véve meg kell említeni azt is, hogy az üvegházi termesztésnél a mesterséges megvilágításnak köszönve napi kétszeri szürettel is lehet számolni.

## ÖSSZEGZÉS

A szénalapú áramtermelés előnyei és hátrányai:

**Előnyök**

· A széntüzelés jelenleg az áramtermelés egyik legolcsóbb módja.
· Széntüzelésű erőmű építésére minden olyan helyszín alkalmas, amely jó közlekedési hálózattal és elegendő mennyiségű hűtésre szolgáló vízzel rendelkezik.
· A Föld jelentős szénkészletekkel rendelkezik.

**Hátrányok**

· A szén égetése során szén-dioxid képződik, amely az üvegházhatást növelő gázok egyike. Az égetés során ezen kívül kén-dioxid is keletkezik, amely a savas eső egyik alkotóeleme. A hazai kitermelésű tőzeges barnaszén és lignit igen szennyezett, elégésük során sok hamu és kéndioxid is keletkezik.
· A szén nem megújuló energiaforrás. A készletek korlátozottak, így előbb-utóbb ki fognak merülni.
· A széntüzelésű erőművek működéséhez nagy tömegű tüzelőanyagra van szükség, ez szállítási és anyagmozgatási többlet költségekkel jár.

Az elmúlt öt-hat év alatt a hazai mélyművelésű szénbányászatra épült erőművek fokozatosan megszüntették a termelést, illetve más tüzelőanyagra tértek át, amelyek környezetszennyezése már igazodik az Európai Közösség szigorúbb környezetvédelmi előírásaihoz, a kibocsátási normákhoz. A 11 hazai szénerőmű túlnyomó többsége már vegyes üzemelésű, a szén mellett földgázt és kőolajat is használnak. A legnagyobb kapacitású szénerőműveink a Vértesi Erőmű (barnaszén-tüzeléses) és a lignit alapú Mátra Erőmű. A hazai teljes szénerőműi kapacitás - beleértve a kis üzemi erőműveket is - mindössze 1908 MW, a Magyarországon termelt szenekre alapozva.

A világ szénkészletei előreláthatólag a 22. század végéig elegendőek. A meglévő széntüzelésű erőművek azonban meglehetősen elavultak: a következő 8-10 évben a legtöbbet valószínűleg vagy bezárják, vagy a káros anyagok kibocsátását szabályozó, korszerű (és költséges) berendezésekkel szerelik fel. A magyarországi széntüzelési erőművek döntően a külszíni fejtésből származó lignittel vagy a magas salak (hamu) és kéntartalmú barnaszénnel működnek. A hazai szénbányászat a készletek kimerülése, az előnytelen geológiai fekvésük és a gazdaságtalan kitermelés miatt folyamatosan csökken.

Magyarország energiaigénye évi 1060 petajoule, ennek mintegy 3%-a származik megújuló forrásból, zömében fából, illetve geotermikus forrásból. A gazdaságos lehetőségek faaprítékból 56 PJ, geotermikus forrásokból mintegy 50 PJ, szélből 7,2 PJ, vízből 5 PJ, napból 4PJ, vagyis összesen 120-130 PJ.

A megújuló energiaforrások részesedése a villamosenergia-termelésben kb. 4,7%, amely érték jóval alacsonyabb, mint az elvárható és a kívánatos.

A különböző energiaforrások részaránya Magyarország elektromos energiatermelésben:

Földgáz 37, 9%
Szén 18,4%
Atomenergia 36,8%
Vízenergia 0,5%
Kőolaj 1,5%
Szélenergia 0,3%
Biomassza 3,7%
Napenergia 0,5%

A beruházók és a szolgáltatók azzal érvelnek, hogy a szén bőséggel áll rendelkezésre, emellett a belőle nyert áram olcsóbb, mint a földgáz eltüzelésével előállított, a szélerőművekről és a napelemekről már nem is beszélve.

Az egyértelmű, hogy az emberi tevékenység következtében megnövekedett CO2 kibocsátás hozzájárul az üvegházhatás kialakulásához - az üvegházhatás növekedése pedig hozzájárul a felmelegedéshez.

A felmelegedésnek pedig - egy mértéken felül - katasztrófális kihatása van a Földön élőkre.

Tehát a Földön élőknek kiemelt fontosságú, hogy az általuk okozott széndioxid kibocsátást csökkentsék.

A CO2 kibocsátás csökkentésének egyik módja, a széndioxid gáz visszasajtolása a föld alá.

A nagy mennyiségű CO2-t biztonságos tárolására a földalatti tárolás a legalkalmasabb. Ezt a megoldást nevezik a CO2 visszasajtolásnak. A széndioxid elhelyezésére szárazföldi körülmények között elméletileg négy lehetőség adott:

· leművelt szénhidrogén-tárolók
· sósvizes rezervoárok
· bányászatra alkalmatlan széntelepek
· bázisos, ultrabázisos kőzettestek

Leművelt szénhidrogén-tárolók felhasználása mellett szól, hogy ezek a tárolók bizonyítottan képesek a geológiai időskálán mérhető ideig megtartani cseppfolyós halmazállapotú anyagokat. Az is előny, hogy kiépített infrastruktúra (kutak, csővezetékek) áll rendelkezésre.

Az úgynevezett sósvizes rezervoárok jóval elterjedtebb potenciális tárolók, mint a leművelt szénhidrogéntárolók. Ezek a potenciális tárolók porózus és áteresztő kőzetek, melyek általában a szokásos ivóvíztárolóknál mélyebben helyezkednek el. Nagy tárolási potenciáljuk miatt a kutatások homlokterébe kerültek.

A bányászatra alkalmatlan széntelepek esetében a tárolás földtani kockázatait a nem bányászott kőszéntelepekben való hosszú távú biztonság és az alkalmazott technológia környezetre gyakorolt hatásai jelentik.

Az utóbbi évek nemzetközi kutatási keresik a választ, hogy az energiatermelés folyamán keletkezett széndioxidot hogyan lehetne semlegesíteni. A kutatásokba az AlgaEnergy Kft is bekapcsolódott és az alga fotobioreaktorokkal folytatott kutatásainak köszönhetve számos tanulmányában rámutatott az algákkal kapcsolatos ilyen irányú ehetőségekre.

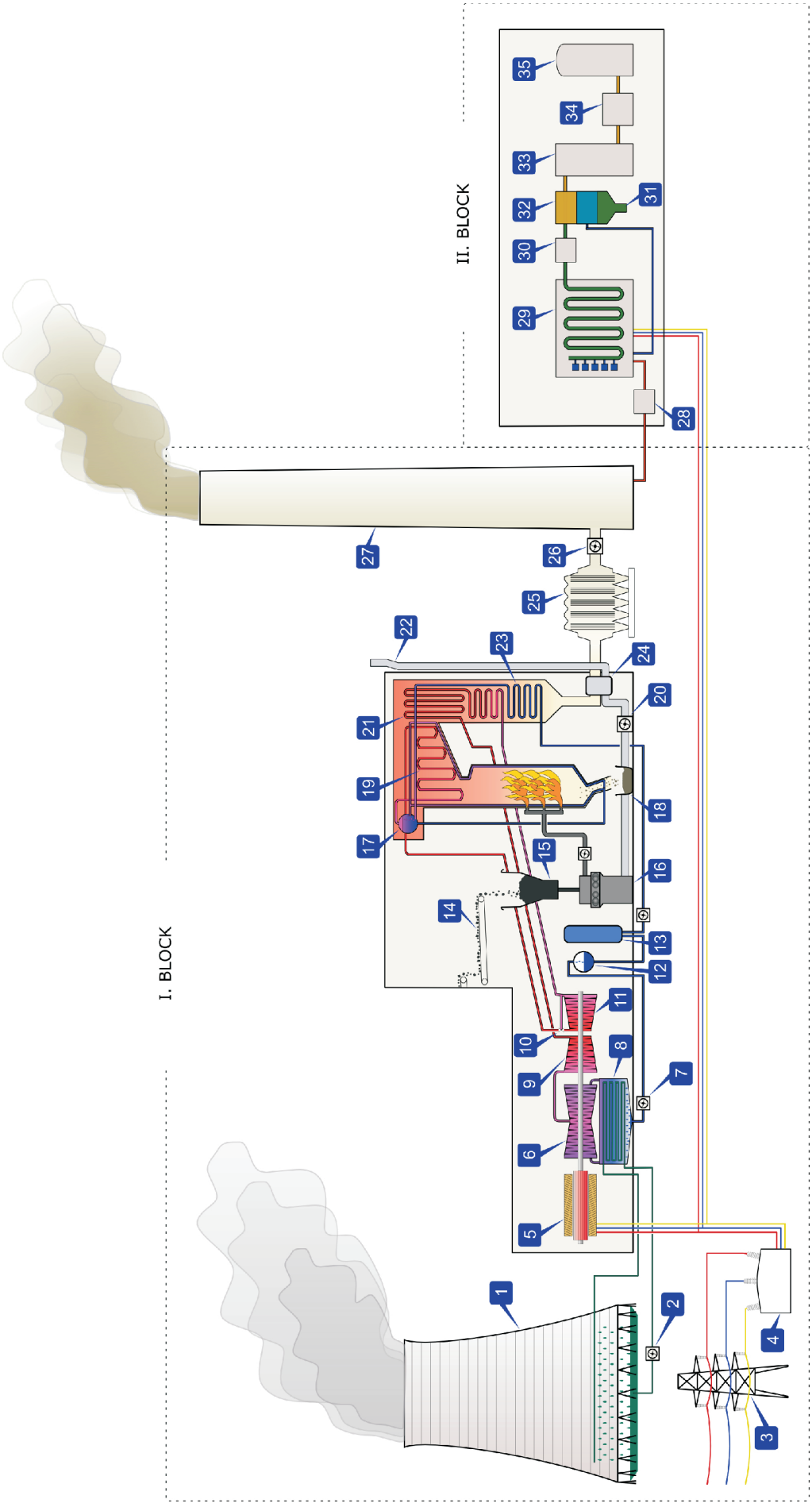
A globális felmelegedés kérdése napjaink egyik legfontosabb problémája. A felmelegedés okairól megoszlanak a vélemények. Jelentős szervezetek, kutatóintézetek stb. foglalkoznak az okok felderítésével és a megoldások keresésével. Az a meggyőződés kezd kialakulni, hogy a felmelegedés egyik oka az emberi tevékenység: a fosszilis tüzelőanyagok elégetése során keletkező szén-dioxid mint üvegházhatású gáz jelentősen hozzájárul az éghajlatváltozáshoz. Több megoldás egyidejű alkalmazását javasolják a légkör CO2-tartalmának csökkentésére. Ezek közül az egyik az ún. CCS- (carbon capture and sequestration, azaz a szén-dioxid, pontosabban a szén összegyűjtése és elhelyezése, ill. elzárása) technológia. Ez azt jelenti, hogy a fosszilis tüzelőanyagok (szén, kőolaj, földgáz) erőműi eltüzelése során keletkezett, illetve koncentrált kibocsátású helyeken a CO2-t össze kell gyűjteni, le kell választani, szállításra előkészíteni (befogás), szállítani és például földtani szerkezetekbe besajtolni, s hosszú ideig (évszázadokig, évezredekig, vagy azon túl is) ott biztonságosan megőrizni. Ezt a megoldást kb. a 21. század közepéig kellene alkalmazni, amikor is az új típusú energiaforrások megjelenésével a fosszilis tüzelőanyagok domináló szerepe a készletek csökkenése miatt várhatóan kisebb lesz.

Mivel a széndioxid visszasajtolására nem mindegyik területen van lehetőség – sőt Magyarországon a szénbányák, amelyek közelében széntüzelésű elektromos energiát termelő erőműveket lehet létrehozni nem esnek a leművelt szénhidrogén telepek közelébe – így kutatócsportunk a keletkezett szén-dioxiodot nem viszszasajtolással szeretnék megoldani, hanem a szénerőmű szomszédságában létrehozott alga biodízel előállító blokkban semlegesítenék az erőmű működése során keletkezett széndioxidot.

Kutatócsoportunk szakemberei kutatásaikat követve megterveztek egy új alga-biodízel termelőüzemet, ahol nemcsak alga biodízel állítanának elő, hanem a szénerőmű működése során keletkezett teljes széndioxid mennyiséget semlegesítenék vagyis táplálékként hasznosítanák az algák tenyésztéséhez.

## TIPIKUS SZÉN-TÜZELÉSŰ BLOKK VALAMINT CO2 SEMLEGESÍTŐ- ÉS BIODÍZEL ELŐÁLLÍTÓ BLOKK SÉMÁJA

1. Hűtőtorony
2. Hűtővíz szivattyú
3. Háromfázisú villamos távvezeték
4. Transzformátor
5. Villamos generátor
6. Kisnyomású gőzturbina
7. Kazántápszivattyú
8. Felületi kondenzátor
9. Nagynyomású gőzturbina
10. Szabályozószelep
11. Nagynyomású gőzturbina
12. Légtelenítő
13. Tápvízelőmelegítő
14. Szénszállítószalag
15. Szénbunker
16. Szénőrlő malom
17. Kazándob
18. Salak
19. Gőztúlhevítő
20. Kazán aláfúvó ventilátor
21. Gőzújrahevítő
22. Légbeszívás
23. Tápvízelőmelegítő
24. Levegő előmelegítő
25. Elektrosztatikus pernyeleválasztó
26. Füstgázelszívó ventilátor
27. Kémény
28. CO2 kiválasztó renfszer
29. Alga fotobioreaktor
30. Ultrahangos extrakció
31. Algapogácsa
32. Algaolaj
33. Algaolaj tartály
34. Észterezés
35. Alga biodízel


II. BLOCK
I. BLOCK
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE AMELY TIPIKUS SZÉN-TÜZELÉSŰ ELEKTROMOS ENERGIÁT ELŐÁLLÍTÓ ERŐMŰBŐL VALAMINT A KELETKEZETT SZÉNDIOXIDOT ALGA-FOTOBIOREAKTORBAN HASZNOSÍTÓ ÉS ALGA-BIODÍZELT ELŐÁLLÍTÓ BLOKKBÓL ÁLL

A minta tárgya klíma- és környezetbarát széntüzelésű erőmű, amely égéstermék elvezető egységgel rendelkező, szénnel működtetett kazánból, gőzturbinából, generátorból és hűtőtoronyból áll.

Hazánk primer energiahordozók tekintetében jelentős importra szorul saját forrásainak szűkössége miatt. Nemcsak primer, de szekunder energiahordozókat is importálunk, ilyen pl. a benzin, vagy a villamos energia. Magyarország energetikai importfüggősége az európai átlag felett van, abszolút értékben is meglehetősen magas, 2008-ra a 64%-ot közelíti.

A CHP (kogenerációs) rendszerek jellemzően a fűtőanyag elégetésével keletkezett gőzt turbinákra vezetik, villamos áramot termelnek, majd a megmaradó hőt hőcserélőkön keresztül fűtési célra is felhasználják. A CHP-rendszerek elterjedése bármely gazdasági ágon, illetve ágazaton belül – ide értve a lakosságot is – megoldható.

Az erőművek többsége hulladékkal és egyéb fosszilis tüzelőanyaggal üzemel, mert a bemeneti anyag alacsony kalóriaértéke miatt csak hőenergiát tudna előállítani, ha nem használnának fosszilis energiahordozókat is. Amennyiben elektromos energia-előállítása a cél abban az esetben több mint 50%-ban szükséges hozzáadni fosszilis energiaforrásokat és így az előállított energia már nem minősül ”zöld” energiának. Valamennyi technológiánál a tüzelőanyag elégetésékor széndioxid keletkezik, amely tovább súlyosbítja a klímaváltozás következményeit.

A beruházók és a szolgáltatók azzal érvelnek, hogy a szén bőséggel áll rendelkezésre, emellett a belőle nyert áram olcsóbb, mint a földgáz eltüzelésével előállított, a szélerőművekről és a napelemekről már nem is beszélve.

Az egyértelmű, hogy az emberi tevékenység következtében megnövekedett CO2 kibocsátás hozzájárul az üvegházhatás kialakulásához, az üvegházhatás növekedése pedig hozzájárul a felmelegedéshez. A felmelegedésnek pedig - egy mértéken felül - katasztrofális kihatása van a Földön élőkre. Tehát kiemelt fontosságú, hogy a széndioxid kibocsátást csökkentsük.

A CO2 kibocsátás csökkentésének egyik módja, a széndioxid gáz visszasajtolása a földbe. A bányászatra alkalmatlan széntelepek esetében a tárolás földtani kockázatait a nem bányászott kőszéntelepekben való hosszú távú biztonság és az alkalmazott technológia környezetre gyakorolt hatásai jelentik.

Az utóbbi évek nemzetközi kutatási keresik a választ, hogy az energiatermelés folyamán keletkezett széndioxidot hogyan lehetne semlegesíteni. A kutatásokba az AlgaEnergy Kft is bekapcsolódott és az alga fotobioreaktorokkal folytatott kutatásainak köszönhetve számos tanulmányában rámutatott az algákkal kapcsolatos ilyen irányú ehetőségekre.

A 225 373 számú szabadalom tárgya eljárás és berendezés a globális felmelegedés megelőzésére a hulladék és/vagy tüzelőanyagok égetésekor keletkező veszélyes gázok kibocsátásának megakadályozásával, mellyel a hulladék és/vagy tüzelőanyag-égetők veszélyesgáz-kibocsátása megszüntethető.

A találmány szerinti eljárás során az üzemanyagot és/vagy az éghető hulladékot egy égetőből egy henger alakú, vékony falú első és második reaktorkamrával rendelkező teljes égésű reaktorba helyezik és abban égetik el oly módon, hogy az égető berendezésben az üzemanyag és/vagy hulladék legalább egy részét elpárologtatják vagy elgázosítják, majd az üzemanyagból és/vagy hulladékból származó gőzöket és/vagy gázokat felgyorsítják,és a gőzöket és/vagy gázokat bejuttatják a teljes égésű reaktor első és/vagy második kamrájába, ezután a teljes égésű reaktor első és/vagy második kamrájában gőzöket és/vagy gázokat atomizálják, majd a teljes égésű reaktorból a kiáramló füstgázokat egy füstgázsűrítőbe vezetik, és a füstgáz szilárd és sűríthető részecskéit összesűrítik, és végül a megtisztított gázüledéket teljesen újrahasznosítják, különösen annak CO2-tartalmát előnyösen műtrágyaként hasznosítják. A találmány szerinti berendezésnek gázgyűjtő részleggel ellátott zárt hulladék- és/vagy üzemanyag-égető részegysége van, amely egy első és második kamrával ellátott első teljes égésű reaktort és az égető berendezés gázgyűjtő kamráját a teljes égésű reaktor első és/vagy második reaktorkamrájával összekötő gázgyorsító eszközöket tartalmaz. A berendezés továbbá a teljes égésű reaktor üledékgáz-nyílásához csatlakozó füstgázkondenzorokat, a teljes égésű reaktor üledékgáz-nyílásához csatlakozó füstgáztisztítókat, továbbá a füstgáztisztító berendezések kimeneteli nyílásával összekapcsolt füstgáz-újrahasznosító berendezéseket tartalmaz.

A P 08 00337 számú magyar találmány tárgya eljárás bioetanol-gyártás során keletkezett melléktermékek hasznosítására és erőmű az eljárás megvalósítására. A találmány szerinti eljárás során az etanol előállítása kukorica-keményítőből történik, ahol a keményítőt először elcukrosítják, majd erjesztik és a keletkezett alkoholt desztillációval lecsapatják. A bioetanol előállítását zárt rendszerű-üzemmódban végzik, ahol a keletkezett melléktermékeket - magas szárazanyag-tartalmú DDGS30-t és folyékony melléktermékeket - kazánokban elégetik. A keletkezett hőt villamos energiává alakítják és a villamos energiát a gyár üzemeltetésére, a bioetanol-gyártás fenntartására használják. Az égés során keletkezett hamut felhasználásig konténerben tárolják. A találmány szerinti erőmű jellemzője, hogy az önmagában ismert etanol, különösen bioetanol gyártása során keletkezett magas szárazanyag-tartalmú melléktermék – DDGS – nedvességtartalmát csökkentő szárítóüzeme, a szárí-

tott DDGS-t elégető kazán telepe, a kazánt vízzel ellátó tápháza, az elégetett DDGS hőenergiájából nyert gőzt villamos energiává alakító turbinaháza, tartalék kazánja, valamint az etanol, különösen bioetanol-gyártás során keletkezett folyékony melléktermékét tároló tárolótartálya van. Továbbá ezt a folyékony melléktermékét elégető folyadékégetője, az égés során keletkező füstgázokat tisztító elektrofiltere, a füstgázokat elvezető kéménye és a hamut tároló egysége, az egyes egységeket összekötő vezetékei és egyéb, önmagában ismert elemei, valamint az égési folyamatokat és energiatermelést felügyelő felügyeleti rendszere van.

A WO 2009154437 számú nemzetközi szabadalmi bejelentés eljárást és berendezést ismertet biodízel előállítására, algából. Az találmány biodízel előállításához létrehozott algatenyésztő rendszerre, lipidek (zsírok) kivonására és a lipidek észteresítésére vonatkozik. A rendszer három részből úgynevezett művelésből áll, kivonásból, felhalmozásból és előállításból. A lipid kivonása egy ultrahang reaktorban történik, amelyben az algák külső fala, azaz az olaj zsákja felreped, amely lehetővé teszi a lipidek kivonását. Az észteresítés szintén egy ultrahang reaktorban zajlik, amelyik roncsolja a folyadék molekuláit, amelyek keresztül áramlanak rajta, ezzel közvetlenül megnövelve a hatást és a hozamot.

A szénerőműben egy turbina-generátor egység elektromos áramot termel, gőzt termelnek, amivel gőzturbinát működtetnek, amely generátorral áramot termel. Ezzel a megoldással az elektromos energiatermelés összhatásfoka javul. Európában  a legtöbb új (gáztüzelésű) erőmű ebben a rendszerben épül.

A világon már több helyen is állítanak elő biodízelt algából. Ezek a technológiák olyanok, hogy tóban vagy csőrendszerben algát szaporítanak – keringetik, táplálékot és CO2-t adagolnak növekedésük elősegítése miatt – majd a leszűrt algamasszából különböző módon (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) kivonják az olajat és azt észterezve biodízelt állítanak elő.

Az előzőekben ismertetett két technológiát (villamos energia termelő erőmű és foto-bioreaktorban termelt algából előállított alga-biodízelüzem) még eddig senki sem vonta össze – vagyis az elektromos energia termelésénél keletkező széndioxidot még nem alkalmazták algaüzem működtetésénél.

Mivel a széndioxid visszasajtolására nem mindegyik területen van lehetőség – sőt Magyarországon a szénbányák, amelyek közelében széntüzelésű elektromos energiát termelő erőműveket lehet létrehozni nem esnek a leművelt szénhidrogén telepek közelébe, célunk az eddig ismert technológiáknál környezetkímélőbb megoldás kidolgozása volt, amely adott esetben hatásfok javulást is eredményezhet.

Felismertük, hogy a keletkezett széndioxidot nem visszasajtolással, hanem a szénerőmű szomszédságában létrehozott alga biodízel előállító blokkban semlegesíthetjük. Ha a szénerőművet kiegészítjük egy alga-biodízelt termelő alga-bioreaktorral, ahol a szénerőműből kibocsájtott széndioxidot hasznosítjuk, akkor a környezet széndioxid terhelése szinte teljesen kiküszöbölhető. Ugyanakkor az alga-bioreaktorral hasznosítható energiahordozókat tudunk előállítani. Ennek érdekében megterveztek egy új alga-biodízel termelőüzemet, ahol nemcsak alga-biodízelt állítunk elő, hanem a szénerőmű működése során keletkezett széndioxid mennyiséget jelentős mértékben semlegesíthetjük, hasznosíthatjuk az algák tenyésztéséhez.

A mintánk tehát klíma- és környezetbarát széntüzelésű erőmű, amely égéstermék elvezető egységgel rendelkező, szénnel működtetett kazánból, gőzturbinából, generátorból, transzformátorból és hűtőtoronyból áll. Az erőműhöz alga-bioreaktor van csatlakoztatva oly módon, hogy az égéstermék elvezető egységben széndioxid leválasztó egység van elrendezve, amelynek kimenete az alga-bioreaktorhoz csatlakoztatott széndioxid fogadó egység bemenetéhez van - célszerűen csővezetékkel – csatlakoztatva. A fogadó egység kimenete az alga-bioreaktor széndioxid bevezető pontjához van kapcsolva, továbbá az alga-bioreaktorban szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal algaolaj van előállítva.

Előnyösen az alga-bioreaktorhoz algacentrifuga, algaolaj préselő egység és az algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj szétválasztó egység van kapcsolva. A szétválasztó egység algapogácsa gyűjtőtartályhoz és/vagy algaolaj gyűjtőtartályhoz van kapcsolva. Az alga-bioreaktorhoz, adott esetben számítógépes vezérléssel működtetett vízpumpa, takarító egység, filter és táplálék adagoló van kapcsolva. Az égéstermék elvezető egységben kémiai és fizikai szűrőegységek is el vannak rendezve.

Mintánkat részletesen az ábrák alapján ismertetjük.

Az 1. ábra az erőmű egyes részegységeinek, illetve a részegységek egyes elemeinek egymáshoz és az erőmű egyes további részegységeihez való kapcsolódásának sematikus ábrázolása.

A 2. ábra az algaolaj előállító üzem alkotóelemeinek, illetve azok egymáshoz és az erőmű egyes részegységeihez való kapcsolódásának sematikus ábrázolása.

A mintánk szerinti klíma- és környezetbarát széntüzelésű 1 erőmű a 3 égéstermék elvezető egységből, a szénnel, mint 25 tüzelőanyaggal működtetett 2 kazánból, a 16 gőzturbinából, a 4 generátorból, a 27 transzformátorból és a 15 hűtőtoronyból áll. Az 1 erőműhöz a 6 alga-bioreaktor van csatlakoztatva oly módon, hogy a 3 égéstermék elvezető egység részét képező 26 kéményben széndioxid 5 leválasztó egység van elrendezve. Az 5 leválasztó egység 8 kimenete a 6 alga-bioreaktorhoz csatlakoztatott széndioxid 7 fogadó egység bemenetéhez van - célszerűen csővezetékkel – csatlakoztatva.  valamint a 7 fogadó egység kimenete a 6 alga-bioreaktor széndioxid 9 bevezető pontjához van kapcsolva A 6 alga-bioreaktorban szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal algaolaj van előállítva.

A 3 égéstermék elvezető egység 26 kéményében kémiai és fizikai 17 szűrőegységek is el vannak rendezve. A 3 égéstermék elvezető egységében lévő kémiai és fizikai 17 szűrőegységek telítődésük, illetve elhasználódásuk után tüzelőanyagként felhasználhatók.

A mintánk egyik előnyös megvalósításánál (2. ábra) a 6 alga-bioreaktor 18 algaolaj előállító üzemként van kialakítva. Nevezetesen a 6 alga-bioreaktorhoz 10 algacentrifuga, 11 algaolaj préselő egység és a 11 algaolaj préselő egységhez kapcsolt algapogácsa és algaolaj 12 szétválasztó egység van kapcsolva. A 12 szétválasztó egység a 13 algapogácsa gyűjtőtartályhoz van kapcsolva. A 6 alga-bioreaktorhoz számítógépes 19 vezérléssel működtetett megszokott kiegészítők, 20 vízpumpa, 21 takarító egység, 22 filter, 23 táplálék adagoló van kapcsolva. A széndioxid 7 fogadó egység a 3 égéstermék elvezető egység széndioxid 5 leválasztó egységéhez van csatlakoztatva és a 8 kimenete a 7 fogadó egység bemenetéhez van vezetve. A 7 fogadó egység a széndioxid bevezetésének szabályozásához légpumpával is ellátható. A 24 algaolaj előállító egység a 18 algaolaj előállító üzemből, és az ott előállított algaolaj tárolóegységéből, azaz a 14 algaolaj gyűjtőtartályból áll.

A mintánk szerinti 1 erőmű (1. ábra) működése megfelel a szokásos szénerőművek működésének. A 3 égéstermék elvezető egység 26 kéményébe a széndioxid leválasztására van a széndioxid 5 leválasztó egység illesztve, amellyel a 26 kéménybe vezetett égéstermékből a széndioxidot leválasztjuk. A leválasztott széndioxidot a 24 algaolaj előállító egység részét képező, mesterséges és/vagy természetes fénnyel működtetett 6 alga-bioreaktorban termesztett algákhoz vezetjük a 7 fogadó egységen keresztül.

A 6 alga-bioreaktorból az algát a termésnek megfelelő időközönként szüreteljük. A leszüretelt algát a nedvesség tartalmának eltávolításához a 10 algacentrifugában kiszárítjuk. A kiszárított algát a 11 algaolaj préselő egységgel algapogácsára és algaolajra szétválasztjuk. Az algaolajat adott esetben a 14 algaolaj gyűjtőtartályba vezetjük, ahonnan a továbbhasznosítás helyére elszállítjuk. Az algapogácsát akár takarmányként, akár fűtőanyagként hasznosítjuk.

A leszüretelt alga centrifugálásakor eltávolított vizet ismert módon megtisztítjuk és újrahasznosítjuk, adott esetben a 6 alga-bioreaktorba visszavezetjük. A 3 égéstermék elvezető egységbe kémiai és fizikai 17 szűrőegységeket helyezünk el, amelyeket telítődésük vagy elhasználódásuk esetén tüzelőanyagként használhatunk fel. A 17 szűrőegységen keresztül a légkörbe kerülő gázok a környezetre lényegében ártalmatlanok. Ez a környezetet nem karosító gázkibocsátás ismert módon ellenőrizhető, és kézben tartható.

A 18 algaolaj előállító üzem, illetve azon belül a 6 alga-bioreaktor temperálása (lényegében fűtése) megoldható hulladék hővel is.

A következőkben a 24 algaolaj előállító egységből, illetve az 1 erőműből álló együttes egy lehetséges megvalósítását, illetve az ennek alapján nyerhető termelési adatokat mutatjuk be példaként.

A 6 alga-bioreaktor télen fűthető – nyáron hűthető (24 °C-os) 3.200 m2 hasznos alapterületű üvegházban, 30 cm átmérőjű 4800 fm áttetsző polikarbonát csövekből van kialakítva. A csövekbe 339.000 liter algaszuszpenzió termeszthető (1 fm = 70,65 l). Az alga szüretelését követő centrifugálás után 17%, azaz 57.500 liter szárazanyag tartalom keletkezik, amely olajpréselés céljára felhasználható. A szárazanyagnak 36%-os az olajtartalma, így 20.700 liter biodízel nyerhető. A préselés után napi 37.000 kg algapogácsa keletkezik amelynek olajtartalma cca. 5%.

A 6 alga-bioreaktorban termesztett alga például a Chlorella minutissima alga, amelynek olajtartalma 39,9%. Jellemzője az algának, hogy 20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene. A szaporítását 5,7 pH értékű vízben kell végezni. A szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük. A mesterséges megvilágítás mértéke legalább 130 lux/m2. A megfelelő szaporodásához a vízben 2% oldott széndioxidnak kell lennie. Az algák táplálásához szükséges tápanyag összetétele például: KH2PO4 1,31; MgSO47H20, 0,5; urea, 0,44. Ca 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01; Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA, ahol a mennyiségek g/l egységben vannak megadva. Az így keletkező oldat pH-ja, 6,0.

A 18 algaolaj előállító üzemet, amelyben a 6 alga-bioreaktor, és az algaolaj-présüzem van elhelyezve, továbbá az energetikai központot valamint a kiszolgálóhelyiségeket és laboratóriumot is egy komplexumba terveztük. A komplexum például egy 5.600 m2-es üvegház, 6 m csúcsmagasságú, dupla üvegezésű, energiaernyővel, hogy a termelés teljes folyamata egy helyen, szállítások nélkül valósulhasson meg.

Az alga nevelést üvegházban, létrás elrendezésű zárt típusú polikarbonát csőrendszerben képeztük ki. A présüzem (10 algacentrifuga, 11 algaolaj préselő egység, 12 szétválasztó egység stb.) elektromos energia szükséglete 283 kW/h (300 nap üzemel) ez 2038 MW/év. Az 1 erőműben a keletkezett széndioxidot a 6 alga-bioreaktorba vezetjük, mint az algák szükséges táplálékát. A 6 alga-bioreaktort és a présüzemet lehetőleg állandóan 24 Celsius fokon üzemeltetjük, például egy megfelelő hőszivattyúval (nincs ábrázolva). A hőszivattyú energiaszükséglete 130 kW/h. Évi fogyasztása 234 MW (napi 6 óra üzemelés, 300 nap/év). A 6 alga-bioreaktort üzemeltető 20 vízpumpák energiaszüksége 60 kW/h. A 20 vízpumpák 300 napon át működnek – évi összfogyasztásuk 432 MW. Az asszimilációs lámpák (400 db x 600 W = 240 kW/h, 128 qmol/m2/sec = 9.771 LUX) a naphiányos és éjszakai időszakban megvilágítják a 6 alga-bioreaktort, hogy a szaporodás folyamatosságát biztosítsák. Éves fogyasztásuk 864 MW (napi 12 óra működési átlag 300 napon keresztül). Adott esetben az üzemhez kapcsolható egy 320 kW/h teljesítményű dízelgenerátor (nem ábrázoltuk). Fogyasztása 12 liter/h saját algaolaj (napi 300 liter). A dízelgenerátor teljesítménye 2304 MW/év és biztosítja az üzem elektromos energiaszükségletének mintegy 70%-át. A dízelgenerátor kipufogógázában keletkezett széndioxidot a 6 alga-bioreaktorba vezetjük az algák táplálásához. A termelés energiaigényét az 1 erőmű által termelt elektromos energiából is fedezzük.

A mintánk előnyei közé tartozik, hogy az algák valójában termőterületet nem foglalnak el és olajhozamuk nagyobb a legjobb olajnövényekénél is. Az algából úgy

állíthatunk elő bioüzemanyagot, hogy azt nem emberi táplálékból (repce, szója, gabona) tesszük. Az algák szaporodása állandó és évszaktól független, a termés naponta többször is „aratható". Az erőmű által kibocsájtott széndioxid mennyisége szinte teljes mértékben felhasználható az algatermesztéshez. Állíthatjuk, hogy ezzel az erőművel késleltetni fogjuk a klímaváltozás katasztrofális következményeit és talán még gyermekeink is élvezhetik a természet pozitív hatását. Az erőművek részeként üzemeltetett alga-bioreaktor közvetlenül az erőműnél állítja elő környezetkímélő módon azt az alternatív üzemanyagot, a biodízelt, amely alapvetően nem az emberi táplálkozásban általánosan felhasznált növényekből készül. A biodízel előállítása során visszamaradt algapogácsa hasznosítható. Az erőműben keletkező széndioxidot az alga-bioreaktor megköti, illetve a benne lévő algák felhasználják és átalakítják. Az algatermeléshez használt víz is megtisztítható és újrahasznosítható. Az algatermelés mesterséges fénnyel is megoldható. Az algák számos alfaja közül több is megfelelő az üzemanyaggyártásra valamint az algákkal folytatott génmódosítások eredményeként az olajtartalom tovább növelhető és bármelyik választása jobb eredményt nyújt, mint az eddig használt kukorica vagy a cukornád. Ennek magyarázata, hogy az algák döntő többsége naponta képes megduplázni önmagát. Legalább ekkora előnye a technológiának, hogy egyetlen négyzetméter termőföldet sem kell kivonni a termelésből, s akár az eddig terméketlen területek is felhasználhatók algatenyésztésre.

## HASZNÁLATI MINTAOLTALMI IGÉNYPONTOK

1. Klíma- és környezetbarát széntüzelésű erőmű, amely égéstermék elvezető egységgel (3) rendelkező, szénnel működtetett kazánból (2), gőzturbinából (16), generátorból (4), transzformátorból (27) és hűtőtoronyból (15) áll, azzal jellemezve, hogy az erőműhöz (1) alga-bioreaktor (6) van csatlakoztatva oly módon, hogy az égéstermék elvezető egységben (3) széndioxid leválasztó egység (5) van elrendezve, amelynek kimenete (8) az alga-bioreaktorhoz (6) csatlakoztatott széndioxid fogadó egység (7) bemenetéhez van - célszerűen csővezetékkel – csatlakoztatva, valamint a fogadó egység (7) kimenete az alga-bioreaktor széndioxid bevezető pontjához (9) van kapcsolva, továbbá az alga-bioreaktorban (6) szaporított algából préseléssel vagy ultrahangos módszerrel vagy extrakciós folyamattal algaolaj van előállítva.

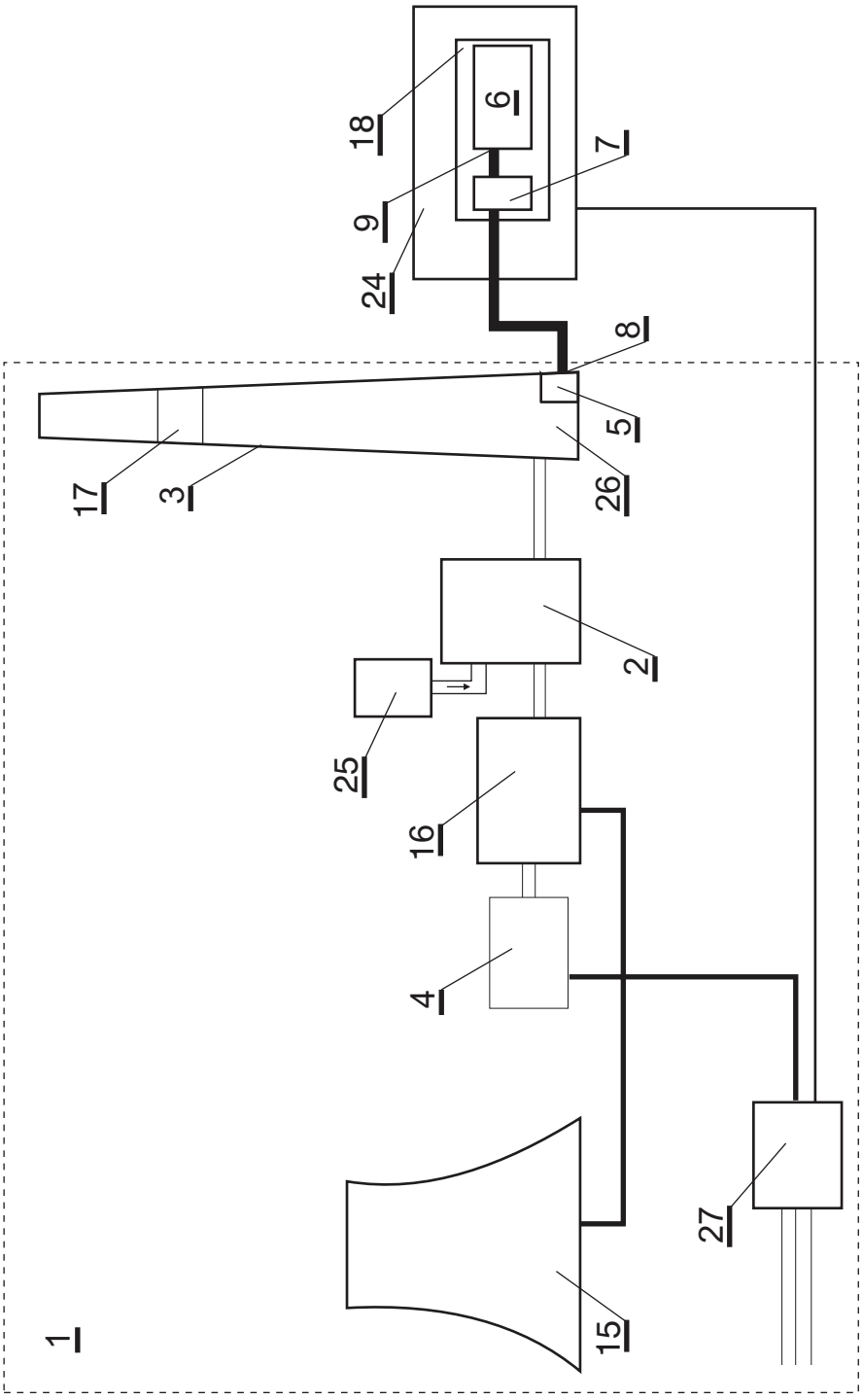
2. Az 1. igénypont szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktorhoz (6) algacentrifuga (10), algaolaj préselő egység (11) és az algaolaj préselő egységhez (11) kapcsolt algapogácsa és algaolaj szétválasztó egység (12) van kapcsolva, a szétválasztó egység (12) algapogácsa gyűjtőtartályhoz (13) és/vagy algaolaj gyűjtőtartályhoz (14) van kapcsolva, továbbá az alga-bioreaktorhoz (6), adott esetben számítógépes vezérléssel (19) működtetett vízpumpa (20), takarító egység (21), filter (22) és táplálék adagoló (23) van kapcsolva.

3. Az 1 - 2. igénypontok bármelyike szerinti erőmű, azzal jellemezve, hogy az égéstermék elvezető egységben (3) kémiai és fizikai szűrőegységek (17) is el vannak rendezve.

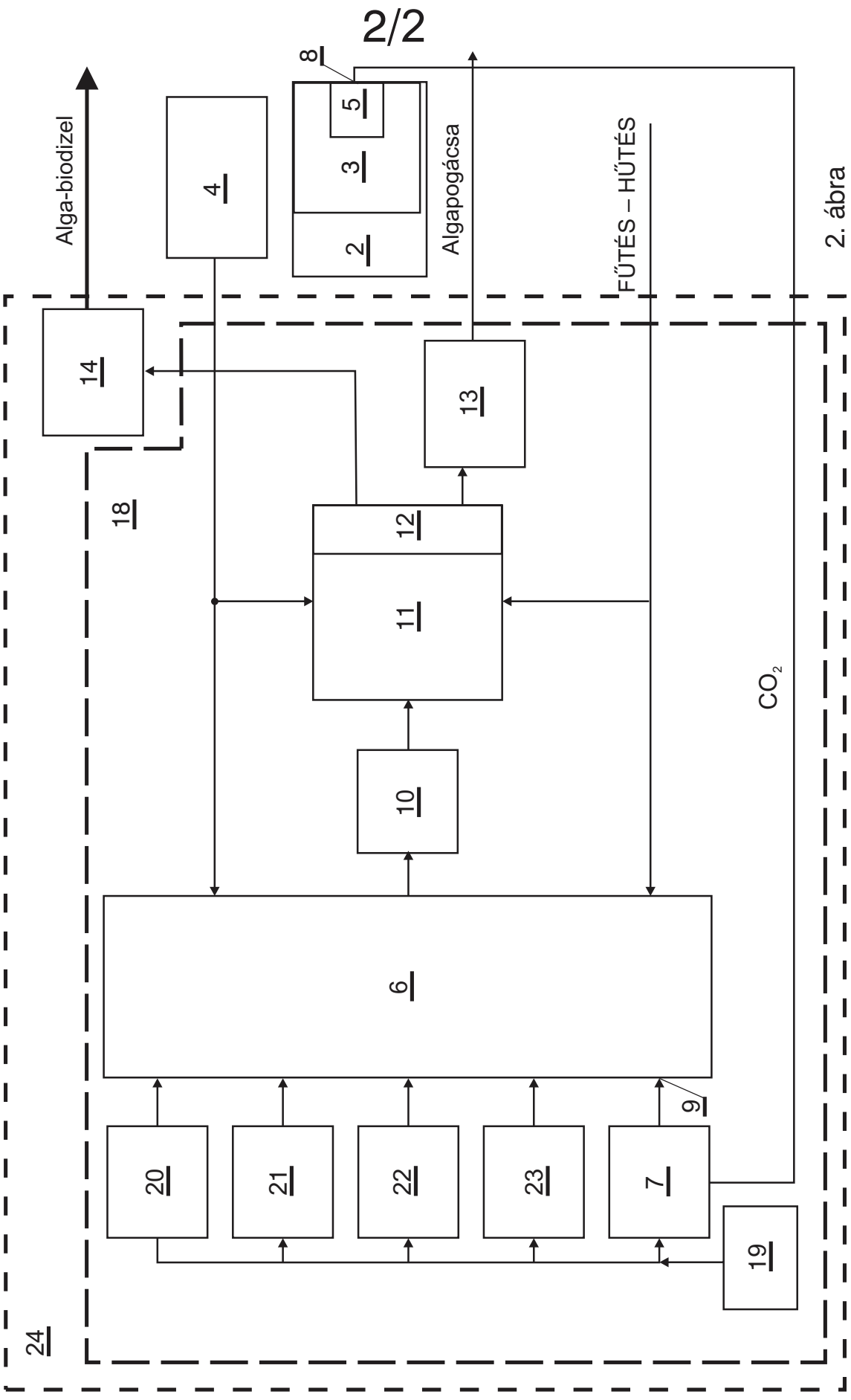
## TÉTELJEGYZÉK

1 erőmű
2 kazán
3 égéstermék elvezető egység
4 generátor
5 leválasztó egység
6 alga-bioreaktor
7 fogadó egység
8 kimenet
9 bevezető pont
10 algacentrifuga
11 algaolaj préselő egység
12 szétválasztó egység
13 algapogácsa gyűjtőtartály
14 algaolaj gyűjtőtartály
15 hűtőtorony
16 gőzturbina
17 szűrőegység
18 algaolaj előállító üzem
19 vezérlés
20 vízpumpa
21 takarító egység
22 filter
23 táplálék adagoló
24 algaolaj előállító egység
25 tüzelőanyag
26 kémény
27 transzformátor

1/2




1. ábra


2/2
Alga-biodizel
Algapogácsa
FŰTÉS – HŰTÉS
$CO_2$
2. ábra
24
18
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
19
20
21
22
23

A kutatást-fejlesztést vezette és a tanulmányt összeállította:
**KOLLÁR FERENC**

# KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ MŰKÖDÉSI ELVE

## ALGA-BIODÍZEL ELŐÁLLÍTÓ ÜZEM

(SZELLEMI TULAJDON NEMZETI HIVATAL LAJSTROMSZÁM: 4187)

**A tanulmány Kollár Ferenc tulajdonát képezi.**
**Ezen dokumentum tartalma szerzői jogvédelem és szellemi tulajdon védelme alatt áll.**
**A találmánnyal kapcsolatos ismertető elektronikus vagy nyomtatott formában való közzététele vagy sokszorosítása törvénybe ütközik.**

**2011**

# BEVEZETŐ

- A génmódosított cca. 70%-os olajtartalmú algafajok már gazdaságosak lehetnek olaj előállítására. Egy liter algaolaj előállításának jelenlegi költségeit a szakirodalmi adatok cca. 75.- Ft körülire teszik. Ennek konkrét mértékét elsősorban a technológia befolyásolja.
- Az algaolaj sok szempontból (sűrűség, viszkozitás, fűtőérték) közelebb áll a dízelolajhoz a többi növényi olajnál, ugyanakkor a többi növényolajnál több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. Ez hátrányosan befolyásolja a belőle készített biodízel stabilitását, viszont jóval könnyebb hidegindítást tesz lehetővé. Az algaolaj nagy telítetlen zsírsavtartalma, magas jódszáma, valamint magas nyomelem-tartalma táplálkozás-élettani szempontból kiválóak, azonban az algaolaj átészterezését megnehezíthetik.
- Ha ezt az olajat fűtőolajként szeretnénk hasznosítani akkor észterezni nem szükséges. Az alga-biodízel előállítása észterezési eljárással további cca. 10.- Ft-ba kerül literenként.



*Alganevelés üvegházban, új létrás elrendezésű zárt típusú polikarbonát csőrendszerben*

**Paraméterek**

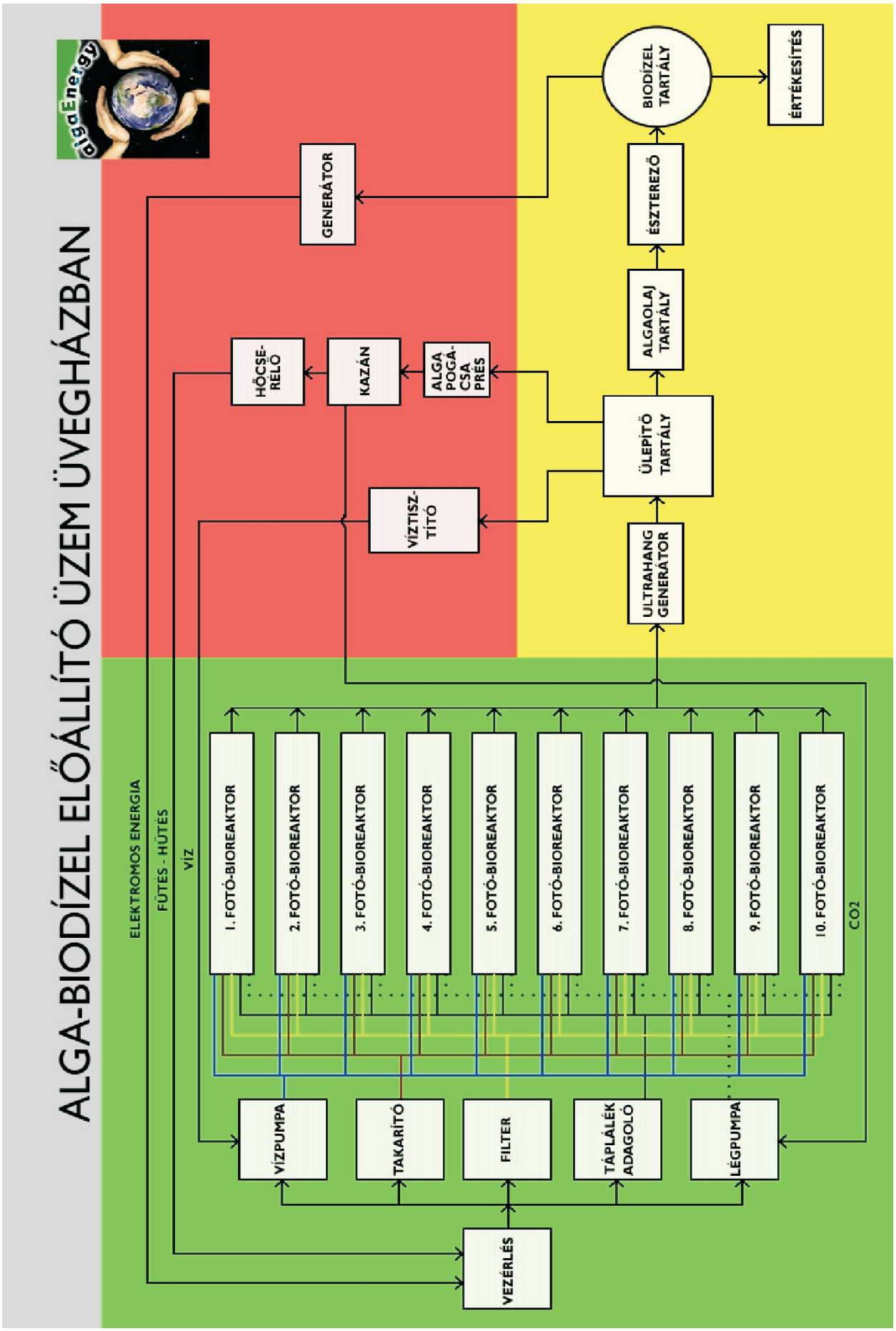
- Egy 6 m vápamagasságú üvegházban algalétára 20 emeletnyi 15 cm átmérőjű polykarbonátcső helyezhető el.
- Egy folyóméter csőben 17,5 liter algaszuszpenzió kering.
- A 3000 $m^2$ üvegházban 2500 $m^2$-en terül el az algafotobioreaktor csőhálózata, 500 $m^2$ pedig a gépészet található.
- Egy algalétra hossza 48 m.
- Egy algalétrán 1920 fm 15 cm átmérőjű cső van.
- Egy algalétra rendszerben 33.600 liter algaszuszpenziót keringetünk.
- 2500 $m^2$-en 25 darab létrarendszer van.
- A 25 fotobioraktorban összesen 840.000 liter algaszuszpenzióban szaporodik az alga.
- Ebben a konstrukcióban olyan génmódosított algát nevelünk amelynek olajtartalma eléri a 70%-ot.
- Az üvegházban ( éjszakai mesterséges megvilágítás mellett) 24 órán keresztül szaporodik az alga.
- Ebben rendszerben cca. 10.000 liter algaolajat termelhetünk naponta.

**A rendszer**

Az alga:
- Chlorella minutissima alga olajtartalma 39,9%.
- 20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene.
- 5,7 pH értékű vízben kell szaporítani.
- Az algának a szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük.
- A mesterséges megvilágításnak legalább 130 lux/$m^2$ kell lenni.
- A vízben a buborékoltatáshoz 2% oldott $CO_2$-nek kell lenni.
- Tápanyag összetétele KHRPO 1,31; MgSO4 7H20, 0,5; urea, 0,44. Ca. 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01. Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA. pH 6.0.

További információk
- Amennyiben a legkevésbé hatékony módszert vesszük alapul abban az esetben naponta egyszeri szürettel a 840.000 liter alga szuszpenzióból cca. 5% tiszta száraz alga anyag nyerhető.
- Az így kinyert 42.000 liter száraz algának cca. 30%-a az olaj tartalom.
- Ultrahangos eljárással cca. 12.600 liter alga olaj nyerhető.
- Kísérleteink bizonyították, valamint a világ többi vezető alga kutatója által is elismert tény, hogy 1 kg alga száraz anyag előállításához cca. 3 kg $CO_2$ felhasználásra van szükség.
- Így ha az üvegházban elhelyezett foto-bioreaktorunkban csak napi 1 „szürettel” számolunk abban az esetben is cca. 126.000kg CO2 felhasználására kerül sor.

Konklúzió
- Természetesen a legújabb kutatások szerint az algaszuszpenzióból akár 15% tiszta száraz alga anyag is nyerhető.
- Továbbá az alga genetikai módosítáa következményeként az alga olajtartalma elérheti akár 70%-ot is.
- Gazdaságossági szempontokat figyelembe véve meg kell említeni azt is, hogy az üvegházi termesztésnél a mesterséges megvilágításnak köszönve napi kétszeri szürettel is lehet számolni.


ALGA-BIODÍZEL ELŐÁLLÍTÓ ÜZEM ÜVEGHÁZBAN
ELEKTROMOS ENERGIA
FŰTÉS - HŰTÉS
VÍZ
CO2
1. FOTÓ-BIOREAKTOR
2. FOTÓ-BIOREAKTOR
3. FOTÓ-BIOREAKTOR
4. FOTÓ-BIOREAKTOR
5. FOTÓ-BIOREAKTOR
6. FOTÓ-BIOREAKTOR
7. FOTÓ-BIOREAKTOR
8. FOTÓ-BIOREAKTOR
9. FOTÓ-BIOREAKTOR
10. FOTÓ-BIOREAKTOR
VÍZPUMPA
TAKARÍTÓ
FILTER
TÁPLÁLÉK ADAGOLÓ
LÉGPUMPA
VEZÉRLÉS
GENERÁTOR
HŐCSE-RELŐ
KAZÁN
ALGA POGÁ-CSA PRÉS
VÍZTISZ-TÍTÓ
ÜLEPÍTŐ TARTÁLY
ULTRAHANG GENERÁTOR
ALGAOLAJ TARTÁLY
ÉSZTEREZŐ
BIODÍZEL TARTÁLY
ÉRTÉKESÍTÉS

## HASZNÁLATI MINTAOLTALOM

A minta tárgya alga-biodízel előállító üzem, amely átlátszó falú csőrendszerből kialakított alga-bioreaktort, az alga-bioreaktorhoz elvezető csővel kapcsolt ülepítő tartályt, az ülepítő tartályhoz iktatott algapogácsa prést, algaolaj tartályt és biodízel tartályt, valamint generátort és kazánt tartalmaz. Az alga-bioreaktorhoz, adott esetben számítógépes vezérléssel működtetett vízpumpa, takarító egység, filter, táplálék adagoló és a széndioxid bevezetéséhez légpumpa van kapcsolva.

Algát tenyésztenek emberi fogyasztásra, állati takarmánynak valamint hidrogén termelésre és algaolaj előállítás céljából. Algát tenyésztenek tengervízben és édesvízben is. Az algát víz felületén vagy zárt csőrendszerben tenyésztik.

Az algák növekedéséhez, szaporodásához fény szükséges, amelynek során széndioxidot és szervetlen alapú táplálékot használnak fel.

A táplálékként felhasznált algát legtöbbször szárított formában vagy nyersen, italként fogyasztják. Amennyiben hidrogén termelési célból tenyésztik az algát, akkor azokat zárt csőrendszerben tenyésztik és az algák által kibocsájtott hidrogént fogják fel és hasznosítják.

Az algaolaj előállításhoz nyílt terepen horizontális csőrendszerben vagy üvegházban vertikális csőrendszerben szaporítják az algát és utána különféle eljárással (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) nyerik ki az olajat. Az algaolajat táplálékként valamint üzemanyagként lehet hasznosítani.

A világon már több helyen is állítanak elő biodízelt algából. Ezek a technológiák olyanok, hogy tóban vagy csőrendszerben algát szaporítanak – keringetik, táplálékot és CO2-t adagolnak növekedésük elősegítése miatt – majd a leszűrt algamasszából különböző módon (préseléssel vagy ultrahangos módszerrel) kivonják az olajat és azt észterezve biodízelt állítanak elő.

A WO 2009154437 számú nemzetközi szabadalmi bejelentés eljárást és berendezést ismertet biodízel előállítására, algából. Az találmány biodízel előállításához létrehozott algatenyésztő rendszerre, lipidek (zsírok) kivonására és a lipidek észteresítésére vonatkozik. A rendszer három részből úgynevezett művelésből áll, kivonásból, felhalmozásból és előállításból. A lipid kivonása egy ultrahang reaktorban történik, amelyben az algák külső fala, azaz az olaj zsákja felreped, amely lehetővé teszi a lipidek kivonását. Az észteresítés szintén egy ultrahang reaktorban zajlik, amelyik roncsolja a folyadék molekuláit, amelyek keresztül áramlanak rajta, ezzel közvetlenül megnövelve a hatást és a hozamot.

Az eddig ismert eljárások arra alapulnak, hogy akár nyílt- vagy zárt területen lévő víz felületén vagy akár nyílt területen vagy üvegházban kiépített zárt csőrendszerben tenyésztik az algát, működésükhöz mindig csak a természetes fényforrást használják fel. Olyan területeken, ahol egész éven át a nappali átlaghőmérséklet meghaladja 20 C°-ot, ott nappal elegendő fény- és meleg áll rendelkezésre az algák szaporodásához. Éjjel mikor nincs természetes fény és esetleg a hőmérséklet is alacsonyabb, az algák nem növekszenek és nem szaporodnak. Azaz legjobb esetben is cca. 180 napon — azaz cca. 4400 órán — át fejlődik az alga.

Célunk olyan alga-biodízel előállító üzem kialakítása volt, amely lényegében önfenntartó, azaz az alga-bioreaktorba „kívülről" csak az alga utánpótlásról kell gondoskodni. Lényegében az üzem külső energiaellátását is az üzemben termesztett algák felhasználásával biztosíthatjuk.

Felismertük, hogy ha az algákból kinyert biodízel kis hányadát és az algák visszamaradó rostanyagát az üzem fenntartására fordítjuk, akkor a célunk elérhető. Azaz az üzem ott is működtethető, ahol a külső energiaellátás nincs biztosítva.

Találmányunk olyan alga-biodízel előállító üzem, amely átlátszó falú csőrendszerből kialakított alga-bioreaktort, az alga-bioreaktorhoz elvezető csővel kapcsolt ülepítő tartályt, az ülepítő tartályhoz iktatott algapogácsa prést, algaolaj tartályt és biodízel tartályt, valamint generátort és kazánt tartalmaz. Az alga-bioreaktorhoz, adott esetben számítógépes vezérléssel működtetett vízpumpa, takarító egység, filter, táplálék adagoló és a széndioxid bevezetéséhez légpumpa van kapcsolva. Az alga-bioreaktor megfelelő hőmérsékletének biztosítására szolgáló kazán az alga-bioreaktorral megtermelt algákból előállított algapogácsa befogadására alkalmas algapogácsa fogadó egységgel van ellátva. A generátor az alga-bioreaktorral megtermelt algákból előállított biodízel olaj bevezetéssel van ellátva. A kazán égéstermék elvezető egysége széndioxid vezetékkel a légpumpához van kapcsolva. Az alga-bioreaktor elvezető csöve ultrahang generátoron keresztül van az ülepítő tartályhoz kapcsolva. Az algaolaj tartály és a biodízel tartály közé észterező van iktatva. Előnyösen az alga-bioreaktor csőrendszerében géldugók vannak elrendezve.

A mintánk szerinti üzem előnyös kiviteli alakjait az aligénypontokban, illetve a leírásban ismertetjük.

Mintánkat részletesen az ábrák alapján mutatjuk be.

Az 1. ábra az alga-biodízel üzem felépítésének sematikus ábrázolása.

A 2. ábra az alga-bioreaktor kialakításának sematikus ábrázolása.

A mintánk szerinti alga-biodízel előállító üzem (1. ábra) az 1 alga-bioreaktorból, az 1 alga-bioreaktor működtetéséhez szükséges kiegészítő elemekből, az energia szolgáltató elemekből a biodízel előállításához szükséges elemekből és egyéb elemekből van felépítve. A kiegészítő elemek: a 10 vízpumpa, a 11 takarító egység, a 12 filter, a 13 táplálék adagoló és a 14 légpumpa, továbbá ezek felügyeletét ellátó 9 vezérlés. Az energia szolgáltató elemek: az alga-bioreaktor megfelelő hőmérsékletét biztosító, és a lényegében számítógépes 9 vezérléssel vezérelt 25 hőcserélő, a 25 hőcserélő energia ellátását biztosító 8 kazán, és a biodízellel működtetett 7 generátor. A biodízel előállításához szükséges elemek: a 3 ülepítő tartály, az 1 alga-bioreaktor és a 3 ülepítő tartály közötti 2 elvezető csőbe iktatott 22 ultrahang generátor, az 5 algaolaj tartály, a 23 észterező és a 6 biodízel tartály. Az egyéb elemek: a 3 ülepítő tartályhoz a 28 vízelvezető

csővel csatlakoztatott 29 víztisztító és 27 algahéj átadó egység, a 27 algahéj átadó egységhez csatlakoztatott 4 algapogácsa prés, továbbá a 3 ülepítő tartály és az 5 algaolaj tartály közé iktatott 26 algaolaj elvezető cső, a 8 kazánhoz tartozó 17 algapogácsa fogadó egység és 19 égéstermék elvezető egység, a 19 égéstermék elvezető egység és a 14 légpumpa közé iktatott 20 széndioxid vezeték, a 29 víztisztító és a 10 vízpumpa közé iktatott 21 csővezeték és a 6 biodízel tartály és a 7 generátor közé kapcsolt 18 biodízel bevezetés. Az 1 alga-bioreaktor átlátszó falú 15 csőrendszerből van kialakítva (2. ábra), amelynek, a célszerűen 50 – 250 mm átmérőjű 24 csöveiben vannak a célszerűen legalább 5 méterenként és legalább 50 mm hosszú 16 géldugók elrendezve.

Az 1 alga-bioreaktor megfelelő hőmérsékletének biztosítására szolgáló 8 kazán az 1 alga-bioreaktorral megtermelt algákból előállított algapogácsa befogadására alkalmas 17 algapogácsa fogadó egységgel van ellátva, amelynek elégetésével termelt hővel melegíti a 25 hőcserélőt, amellyel biztosítjuk az 1 alga-bioreaktor megfelelő, célszerűen 24 C°-os hőmérsékletét. A 7 generátor az 1 alga-bioreaktorral megtermelt algákból előállított 18 biodízel olaj bevezetéssel van ellátva. A 8 kazán 19 égéstermék elvezető egysége 20 széndioxid vezetékkel a 14 légpumpához van kapcsolva. Az 1 alga-bioreaktor elvezető csöve a 22 ultrahang generátoron keresztül van a 3 ülepítő tartályhoz kapcsolva. Az 5 algaolaj tartály és a 6 biodízel tartály közé van a 23 észterező iktatva.

A mintánk szerinti alga-biodízel előállító üzem működése az eddig ismert alga-biodízel előállító üzemek működésétől eltérő. Amint ezt már írtuk, az eddig ismert eljárások azon alapultak, hogy akár nyílt- vagy zárt területen lévő víz felületén vagy akár nyílt területen vagy üvegházban kiépített zárt csőrendszerben tenyésztik az algát amihez mindig csak a természetes fényforrást használják fel. Olyan területeken, ahol egész éven át a nappali átlaghőmérséklet meghaladja 20 °C-ot, ott nappal elegendő fény- és meleg áll rendelkezésre az algák szaporodásához. Éjjel amikor nincs napfény és esetleg a hőmérséklet is alacsonyabb az algák nem növekszenek és nem szaporodnak.

A mintánk szerinti alga-biodízel előállító üzemben az 1 alga-bioreaktor egész éven át működik, vagyis nappal a természetes fényt felhasználva, éjjel valamint borús időben a mesterséges fényt felhasználva szaporodik az alga. Az üzem működéséhez és az alga-bioreaktor megvilágításához szükséges energiát az üzemben lévő 7 generátor biztosítja amely cca. az algák által megtermelt olaj 1%-nak felhasználásával üzemel. Az üzem egész éven át működik, mert télen fűtjük nyáron hűtjük az 1 alga-bioreaktort. A 15 csőrendszerben megtermelt algát a 2 elvezető csövön vezetjük a 3 ülepítő tartályba. A 2 elvezető csőre van a 22 ultrahang generátor illesztve, amelynek segítségével feltörjük az alga héját. Ennek következtében az egymástól elválasztott víz, algahéj és algaolaj kerül a 3 ülepítő tartályba, ahol az olaj úszik legfelül, a víz a tartály közepére míg az algahéj a tartály aljára süllyed – itt kerül szétválasztásra a három anyag. Az algahéj a 27 algahéj átadó egységen keresztül jut a 4 algapogácsa présbe, ahol algapogácsát készítünk belőle. Az algapogácsa szolgál az üzembe beépített 8 kazán fűtőanyagaként és a 8 kazánnal termelt energiával a 25 hőcserélőn keresztül biztosítjuk egész éven át az 1 alga-bioreaktorban lévő algák számára az ideális 24 °C-os hőmérsékletet. A számítógépes 9 vezérléssel adagoljuk a szervetlen alapú táplálékot az algatenyészethez a 13 táplálék adagolóval. Tápanyag összetétele például: KHRPO 1,31; MgSO4 7H20, 0,5; urea, 0,44. Ca. 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01. Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA. pH 6.0.

Szintén számítógépes 9 vezérléssel adagoljuk a 14 légpumpával az üzem 8 kazánjának füstjéből a 19 égéstermék elvezető egységgel kiszűrt széndioxidot az algatenyészethez. Ezzel elérhető a légkörbe kibocsájtott káros anyag mennyiségének jelentős csökkentése, illetve akár megszüntetése is.

Az 1 alga-bioreaktor 15 csőrendszerének 24 csövei átlátszó falú műanyagcsövekből, például polikarbonát 24 csövekből vannak kialakítva. A 24 csövek falára jellemzően rátapad az alga és így nem engedi át a benne keringetett algák szaporodásához szükséges fényt. Ennek kiküszöbölésére egy biológiailag előállított algára-emberre-környezetre semleges hatású, esetünkben 10 cm hosszú 16 géldugót keringetünk a 15 cm átmérőjű csőrendszerben cca. 10 méterenként beiktatva. Az üzembe beépített 29 víztisztítóval az algatermeléshez felhasznált vizet megtisztítjuk és azt a 29 víztisztítóval — a 21 csővezetéken keresztül — összekapcsolt 10 vízpumpával visszavezetjük az 1 alga-bioreaktorba. Ezzel víztakarékos és környezetkímélő rendszert működtetünk. Az algaolajból az üzembe beépített 23 észterezővel állítjuk elő az alga-biodízel olajat.

A génmódosított cca. 70%-os olajtartalmú algafajok már gazdaságosak lehetnek olaj előállítására. Egy liter algaolaj előállításának jelenlegi költségei nem érik el a 0,25 Eurót. Ennek konkrét mértékét elsősorban a technológia befolyásolja.

Az algaolaj sok szempontból (sűrűség, viszkozitás, fűtőérték) közelebb áll a dízelolajhoz, mint a többi növényi olajn, ugyanakkor a többi növényolajnál több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. Ez hátrányosan befolyásolja a belőle készített biodízel stabilitását, viszont jóval könnyebb hidegindítást tesz lehetővé. Az algaolaj nagy telítetlen zsírsavtartalma, magas jódszáma, valamint magas nyomelem-tartalma táplálkozás-élettani szempontból kiválóak, azonban az algaolaj észterezését megnehezíthetik. Ha ezt az olajat fűtőolajként szeretnénk hasznosítani akkor észterezni nem szükséges. Az alga-biodízel előállítása észterezési eljárással további cca. 0,03 Euró literenként.

A mintánk szerinti üzem, ami lényegében nagymértékben üvegház, például a következő paraméterek szerint alakítható ki:

Egy 6 m vápamagasságú üvegházban a 15 csőrendszer 20 emeletnyi 15 cm átmérőjű polikarbonát 24 csőből alakítható ki. Egy folyóméter csőben 17,5 liter algaszuszpenziót keringetünk ismert módon. Egy 3000 m2–es üvegházban 2500 m2-en van az 1 alga-bioreaktor 15 csőrendszere, 500 m2-t pedig a gépészet foglal el. A

15 csőrendszer hossza 48 m, amely 1920 m 15 cm átmérőjű 24 csővel van kialakítva. Egy 15 csőrendszerben 33.600 liter algaszuszpenziót keringetünk. 2500 m2-en 25 darab 15 csőrendszer van elrendezve, amelyekben összesen 840.000 liter algaszuszpenzióban szaporodik az alga. Ebben a konstrukcióban olyan génmódosított algát nevelünk amelynek olajtartalma eléri a 70%-ot. Az üvegházban (éjszakai mesterséges megvilágítás mellett) 24 órán keresztül szaporodik az alga. Ebben rendszerben cca. 10.000 liter algaolajat termelhetünk naponta.

Az általunk már megvizsgált következőkben felsorolt algatörzsek olajtartalma eléri akár a 60%-ot is: Nannochloropsis sp. F&M-M24; Botryococcus braunii; Scenedesmus sp. LX1; Chlorella protothecoids; Pavlova lutheri CCMP1325; Isochrysis galbana TK1; Isochrysis galbana TK2; Isochrysis sp. CCMP1324; Isochrysis sp. CCMP463; Nannochloropsis oculata; Chlorella minutussima UTEX 2341.

20 óra alatt megötszöröződik a tenyészet volumene. Az algákat 5,7 pH értékű vízben kell szaporítani. Az algának a szaporodáshoz a fényen kívül szervetlen alapú táplálékra és szén-dioxidra van szükségük. A mesterséges megvilágításnak legalább 130 lux/m2 legyen. A vízben a buborékoltatáshoz 2% oldott CO2-nek kell lennie. A korábban már ismertetettek szerint a tápanyag összetétele: KHRPO 1,31; MgSO4 7H20, 0,5; urea, 0,44. Ca. 5; Fe 2; Mn, Zn, B 0,5; Cu 0,04; Mo 0,02; Co; V 0,01. Fe, Mn, Zn, Cu, Co + EDTA. pH 6.0.

Amennyiben a legkevésbé hatékony módszert vesszük alapul abban az esetben naponta egyszeri szürettel a 840.000 liter alga szuszpenzióból cca. 5% tiszta száraz alga anyag nyerhető. Az így kinyert 42.000 liter száraz algának cca. 30%-a az olaj tartalom. Ultrahangos eljárással cca. 12.600 liter alga olaj nyerhető. Kísérleteink bizonyították, valamint a világ többi vezető alga kutatója által is elismert tény, hogy 1 kg alga száraz anyag előállításához cca. 3 kg CO2 felhasználásra van szükség. Így ha az üzemben kiépített alga-bioreaktorban csak napi egyszeri „szürettel" számolunk abban az esetben is cca. 126.000 kg CO2 felhasználására kerül sor.

Természetesen a legújabb kutatások szerint az algaszuszpenzióból akár 15% tiszta száraz alga anyag is nyerhető. Továbbá az alga genetikai módosítása következményeként az alga olajtartalma elérheti akár 70% -ot is.

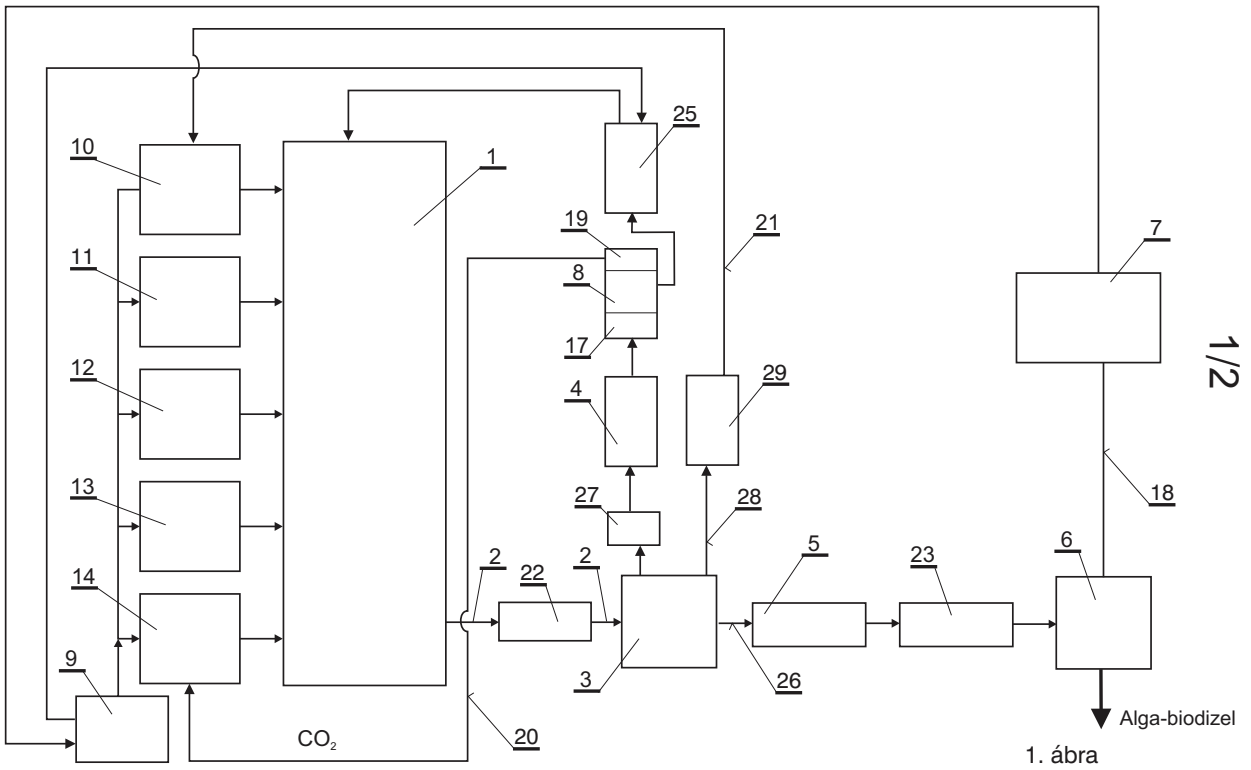
A leírásunkban az üzem részletesen nem ismertetett elemei kialakításának és működésének ismerete, mesterségben járatos személy köteles tudását képezi.

A mintám szerinti alga-biodízel előállító üzem előnye, hogy a alga-bioreaktor egész éven át működik, vagyis nappal a természetes fényt felhasználva, éjjel valamint borús időben a mesterséges fényt felhasználva szaporodik az alga. Az üzem működéséhez és a alga-bioreaktor megvilágításához szükséges energiát az üzembe beépített generátor biztosítja mely az algák által megtermelt olaj 1%-nak felhasználásával üzemel. A alga-bioreaktor egész éven át működik mert télen fűtjük nyáron hűtjük az üzemet. Az algaolaj kivonása után visszamaradt algapogácsa szolgál fűtőanyagként az üzembe beépített kazánba és a kazánnal termelt energiával egy hőcserélő beiktatásával biztosítjuk egész éven át az ideális 24 °C-ot. Számítógépes vezérléssel adagoljuk a szervetlen alapú táplálékot és a széndioxidot az algatenyészethez. A széndioxid az üzembe beépített kazán füstjéből szűrjük ki – így a légkörbe nem bocsájtunk ki semmilyen káros anyagot. Annak elkerülésére, hogy a polikarbonát csövek falára rátapadó alga megakadályozza a csövekben keringetett algák szaporodásához szükséges fény korlátozását egy, a biológiailag előállított algára, emberre, környezetre semleges hatású 10 cm hosszú géldugót keringetünk a 15 cm átmérőjű csőrendszerben cca. 10 méterenként. A géldugó alkalmazása foto-bioreaktoroknál korábban nem volt ismert, azokat kizárólag egyéb helyeken alkalmazták, mint például élelmiszer ipari, vagy üzemanyag szállító, illetve városi vízcsövek tisztítására. A géldugóval tisztított csövek a tisztítást követően — tekintet nélkül a korábbi felhasználásukra — élelmiszeripari előírásoknak is megfelelő mértékű tisztaságúakká váltak. A megtermelt alga elvezető csövére ultrahangos generátor van illesztve, amelynek segítségével feltörjük az alga héját már az elvezetésekor. A víz, az algahéj és az algaolaj egy ülepítő tartályba kerül, ahol az olaj úszik legfelül, a víz a tartály közepére míg az algahéj a tartály aljára süllyed, így a három anyag egyszerűen szétválasztható. Az üzembe beépített víztisztító rendszerrel algatermeléshez felhasznált vizet megtisztítjuk és az újból visszakerül az alga-bioreaktorba – vagyis víztakarékos és környezetkímélő rendszert működtetünk. Az algaolajból az üzembe beépített észterező rendszerrel állítjuk elő az alga-biodízelt.

**Használati mintaoltalmi igénypontok**

1. Alga-biodízel előállító üzem, amely átlátszó falú csőrendszerből (15) kialakított alga-bioreaktort (1), az alga-bioreaktorhoz (1) elvezető csővel (2) kapcsolt ülepítő tartályt (3), az ülepítő tartályhoz (3) iktatott algapogácsa prést (4), algaolaj tartályt (5) és biodízel tartályt (6), valamint generátort (7) és kazánt (8) tartalmaz, továbbá az alga-bioreaktorhoz (1), adott esetben számítógépes vezérléssel (9) működtetett vízpumpa (10), takarító egység (11), filter (12), táplálék adagoló (13) és a széndioxid bevezetéséhez légpumpa (14) van kapcsolva, azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktor (1) megfelelő hőmérsékletének biztosítására szolgáló kazán (8) az alga-bioreaktorral (1) megtermelt algákból előállított algapogácsa befogadására alkalmas algapogácsa fogadó egységgel (17) van ellátva, a generátor (7) az alga-bioreaktorral (1) megtermelt algákból előállított biodízel olaj bevezetéssel (18) van ellátva, a kazán (8) égéstermék elvezető egysége (19) széndioxid vezetékkel (20) a légpumpához (14) van kapcsolva, az alga-bioreaktor (1) elvezető csöve (2) ultrahang generátoron (22) keresztül van az ülepítő tartályhoz (3) kapcsolva, továbbá az algaolaj tartály (5) és a biodízel tartály (6) közé észterező (23) van iktatva, és előnyösen az alga-bioreaktor (1) csőrendszerében (15) géldugók (16) vannak elrendezve.

2. Az 1. igénypont szerinti üzem azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktor (1) csőrendszere (15) 50 – 250 mm átmérőjű csövekből (24) van kialakítva.
3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti üzem azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktor (1) csőrendszerébe (15) iktatott géldugó (16) legalább 50 mm hosszú henger alakú test.
4. Az 1 – 3. igénypontok bármelyike szerinti üzem azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktor (1) csőrendszerében (15), egymástól legalább 5 méterenként, több géldugó (16) van elrendezve.
5. Az 1 – 4. igénypontok bármelyike szerinti üzem azzal jellemezve, hogy a kazán (8) az alga-bioreaktor (1) hűtését és fűtését ellátó hőcserélőhöz (25) van kapcsolva.
6. Az 1 – 5. igénypontok bármelyike szerinti üzem azzal jellemezve, hogy az alga-bioreaktor (1) hőmérséklete 24 C-ra van beállítva.
7. Az 1 – 6. igénypontok bármelyike szerinti üzem azzal jellemezve, hogy az ülepítő tartály (3) és a vízpumpa (10) közé víztisztító (29) van iktatva.
8. Az 1 – 7. igénypontok bármelyike szerinti üzem azzal jellemezve, hogy az ülepítő tartályban (3) szétválasztott víz, algahéj és algaolaj megfelelő egységekbe juttatásának érdekében az ülepítő tartály (3) az algaolaj tartály (5) bemenetéhez algaolaj elvezető csővel (26), az algapogácsa prés (4) bemenetéhez algahéj átadó egységgel (27) és a víztisztító (29) bemenetéhez vízelvezető csővel (28) van kapcsolva.
9. Az 1 – 8. igénypontok bármelyike szerinti üzem azzal jellemezve, hogy a víztisztító (29) kimenete, a megtisztított víz alga-bioreaktorba (1) visszavezetése érdekében, a vízpumpa (10) bemenetéhez van csővezetékkel (21) kapcsolva.

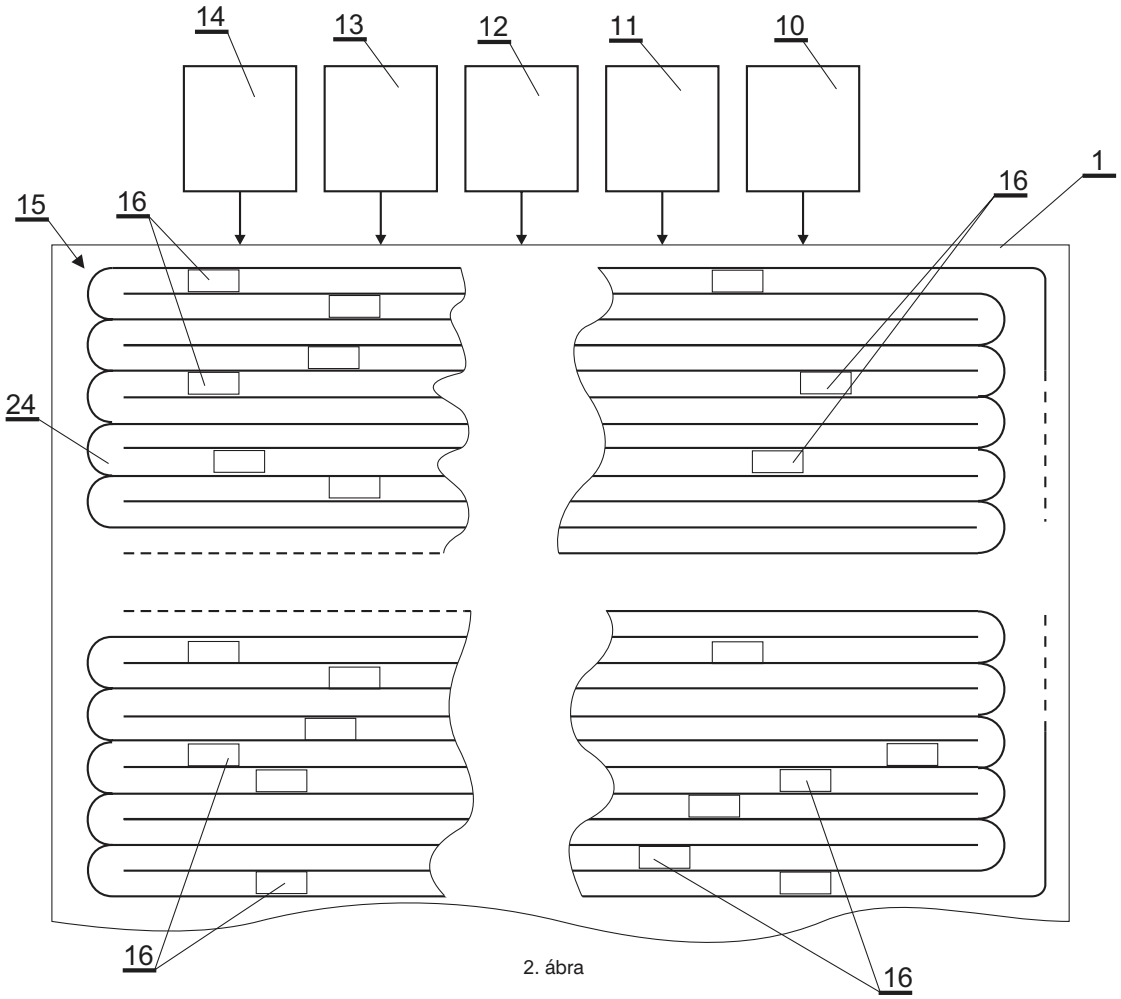



1/2

1. ábra

**Tételjegyzék**

1 alga-bioreaktor
2 elvezető cső
3 ülepítő tartály
4 algapogácsa prés
5 algaolaj tartály
6 biodízel tartály
7 generátor
8 kazán
9 vezérlés
10 vízpumpa
11 takarító egység
12 filter
13 táplálék adagoló
14 légpumpa
15 csőrendszer
16 géldugó
17 algapogácsa fogadó egység
18 (generátor) biodízel olaj bevezetés
19 (kazán) égéstermék elvezető egység
20 széndioxid vezeték
21 csővezeték
22 ultrahang generátor
23 észterező
24 cső
25 hőcserélő
26 algaolaj elvezető cső
27 algahéj átadó egység
28 vízelvezető cső
29 víztisztító




2. ábra

**KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETBARÁT ERŐMŰ**

Kiadja:
**Emlékívek Kiadó**




Szerkesztette:
**Kollár Ferenc**

Tördelőszerkesztő:
**Korpa Zoltán**

Minden jog fenntartva.
A kiadvány egyetlen részlete sem sokszorosítható semmiféle formában
a kiadó engedélye nélkül.

ISBN 978-963-08-3871-9