

Galli Miklós — Zilahy Gyula

**A tisztább termelés
lehetőségei a söriparban**

16. szám

Budapest, 2002. december

ISBN 963 503 293 5

ISSN 1587-6586

A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem
Környezettudományi Intézetének tanulmányai

Sorozatszerkesztő:

Kerekes Sándor
és
Kiss Károly

A tanulmány a Magyar Tudományos Akadémia
Magyarország az ezredfordulón c.
stratégiai kutatásainak keretében és
a Környezetvédelmi Minisztérium
anyagi támogatásával készült

Felelős kiadó: Kerekes Sándor igazgató
Olvasószerkesztő: Pósvai Adrienne
Műszaki szerkesztő: Mészöly László
Fedélterv: Éles Andrea
Készült az Aula Kiadó Kft. nyomdájában

Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem
Környezettudományi Intézet
Környezetgazdaságtani és technológiai tanszék
Cím: 1093 Budapest, Fővám tér 8.
Postacím: 1828 Budapest 5. Pf. 489.
Tel./fax: 217-95-88
Internet: <http://korny10.bke.hu>

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	6
ALAPANYAGOK, FŐZŐHÁZ	9
ÉRJESZTÉS	13
SZŰRÉS	19
FEJTÉS	24
ENERGIAELLÁTÁS	31
Hőenergia.....	32
Villamos energia.....	42
Hűtés	43
Sűrített levegő	46
VÍZELLÁTÁS, VÍZFELHASZNÁLÁS	48
TISZTÍTÁS, FERTŐTLENÍTÉS (CIP)	51
RAKTÁROZÁS, ANYAGMOZGATÁS, CSOMAGOLÁS	53
IRODÁK ÉS SZOCIÁLIS TERÜLETEK, TAKARÍTÁS	57
SZENNYVÍZKEZELÉS	60
HULLADÉKGAZDÁLKODÁS	65
ÖSSZEFOGLALÁS	67
FELHASZNÁLT IRODALOM	71
A SZERZŐK	73
A KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET SOROZATÁNAK KIADVÁNYAI	74

BEVEZETÉS

Ezen tanulmány célja, hogy áttekintő összefoglalást adjon az élelmiszeripar egy jellegzetes szektorában, a söriparban alkalmazható tisztább termelési módszerekről és lehetőségekről. Az elemzésben kiválasztott iparág több szempontból is kedvező a tisztább termelés lehetőségeinek a bemutatására. Egyrészt, a hazai söripart néhány nagyobb vállalat határozza meg, melyek az elmúlt években jelentős erőfeszítéseket tettek a környezet védelmének az érdekében (az alábbiakban bemutatott megelőző jellegű intézkedéseken kívül a környezeti irányítás eszközei is széles körben elterjedtek a vállalatok körében). Másrészt, a vállalatokat jellemző technológia fontosabb lépései az egyes vállalatoknál megegyeznek, vagy nagy hasonlóságot mutatnak. Ennek megfelelően egy-egy feltárt tisztább termelési opció a vállalatok széles körénél alkalmazható – ha kisebb módosításokkal is. Végül a tanulmány szélesebb körben való használhatósága szempontjából fontos, hogy a söriparban alkalmazott folyamatok, illetve technológiai lépések jelentős része az élelmiszeripar más ágazatai esetében is megjelennek, tovább bővítve ezzel a leírt intézkedések alkalmazásának a lehetőségeit.

A söripar példáján bemutatjuk, hogy a működésre jellemző anyag- és energiaforgalmak optimalizálásában rejlő lehetőségeket hogyan lehet a legjobban kihasználni és azt, hogy a feltárt lehetőségek — a tisztább termelés alapelveinek megfelelően — egyben az alkalmazó vállalat gazdaságosságának és környezeti teljesítményének a javulását is eredményezik.

A tanulmány elkészítéséhez az iparág nemzetközi szakirodalma, söripari tisztább termelési projekteken szerzett tapasztalatok, illetve más iparágak tisztább termelési gyakorlata szolgáltattak alapot. Ahol a fenti források lehetővé tették, az elérhető megtakarítások számszerűsítésre is kerültek, megbecsültük a szükséges beruházási költségeket, illetve a várható megtérülési időket. Fel kell hívnunk azonban a figyelmet arra, hogy a tanulmányban szereplő javaslatok megvalósítása előtt feltétlenül szükséges az adott gyár, illetve az alkalmazási környezet egyedi adottságainak és korlátainak felmérése, és ezek figyelembevételével egy pontos megvalósíthatósági és gazdasági terv elkészítése.

A nemzetközi szakirodalomból származó javaslatokat igyekeztünk a hazai söriparról, illetve egyes hazai sörgyárakról szerzett ismereteink alapján úgy adaptálni, hogy azok Magyarországon is alkalmazhatók legyenek. Ennek ellenére a bemutatandó

lehetőségek között bizonyára akadnak olyanok, melyek nem, vagy csak korlátozottan értelmezhetők egy-egy kiválasztott üzemre. Ez különösen igaz a becsült megtakarítási potenciálokra, beruházási költségekre és megtérülési időkre. A tanulmányban szereplő ilyen jellegű számadatok minden esetben csak az iparág „átlagára” vonatkozó durva becslésként értendők.

A tanulmányban szereplő ötletek és javaslatok alkalmazhatóságát egyes konkrét sörgyárak esetében az adott technológiák, egyéb adottságok, vagy az egyedi minőségi követelmények korlátozhatják. Ahol ilyen korlátokról információhoz jutottunk, azt az adott témakörnél feltüntettünk, de konkrét alkalmazási esetekben számos további korláttal lehet számolni, melyeket minden esetben egyedileg kell felderíteni és figyelembe venni.

A sörgyártás technológiai folyamata

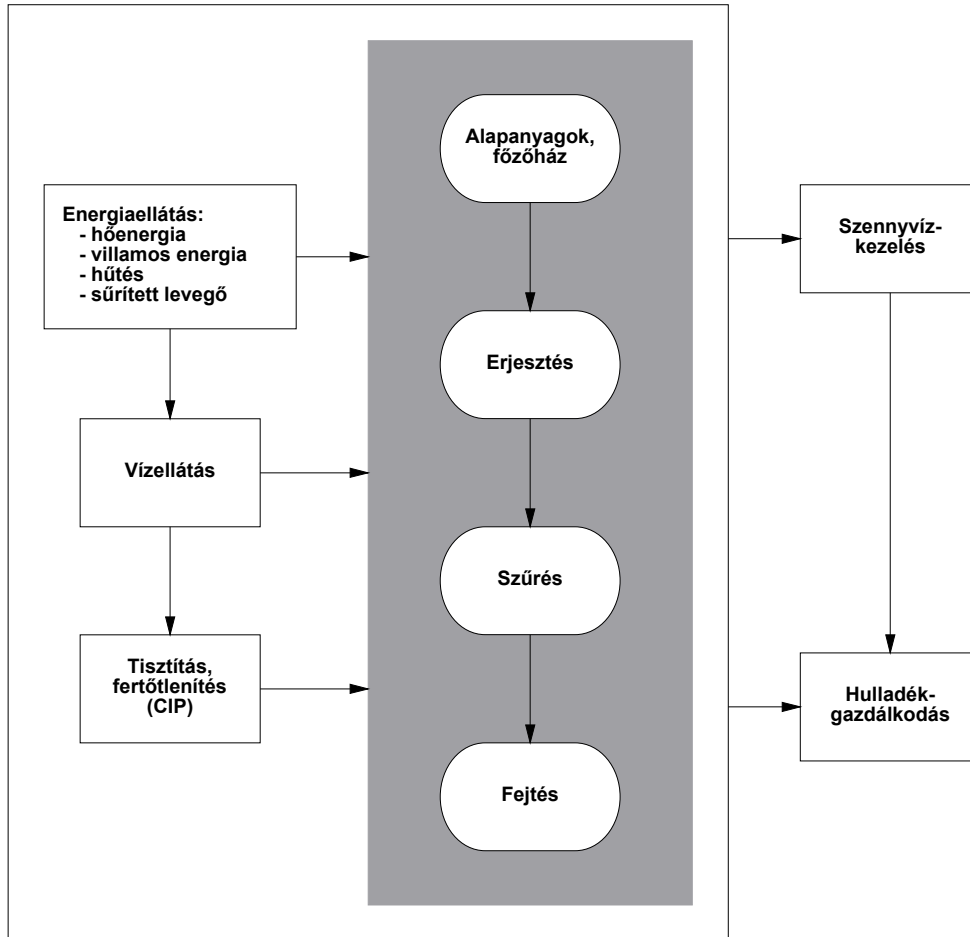
A sörgyártás technológiai folyamatát sematikusán összefoglalva az alábbi ábrát kapjuk. A söriparra általánosan alkalmazható ábra a tanulmányban bemutatandó részterületeket rendszerezi.

Ennek megfelelően a gyártási folyamat az alapanyagok jelentős részének a felhasználásával a főzőházban kezdődik, amit az erjesztési lépés követ. Ezután a szűrésre, végül a fejtésre kerül a sor. Az egyes technológiai lépések tartalmát, illetve a tisztább termelés lehetőségeit a következőkben részletesen ismertetjük.

Az ábra jól szemlélteti a járulékos funkciókat is: a folyamatok működtetéséhez jelentős mennyiségű energiára (hő-, villamos-, hűtési energiára és sűrített levegőre) van szükség, illetve a sörgyártás vízfelhasználása is jelentős. A folyamatokhoz szükség van segédanyagokra is például a tisztítás, fertőtlenítés során.

Az ábra másik felén jelennek meg a környezetet veszélyeztető káros kibocsátások, a szennyvíz és a hulladékok.

Mindezen tényezőkkel a megfelelő fejezetekben részletesen foglalkozunk.



Ábra 1: A sörgyártás sematikus technológiai folyamata

ALAPANYAGOK, FŐZŐHÁZ

A főzőház a sörgyár kiemelkedően legnagyobb hőenergia-fogyasztója. Durva átlagban ez a terület a teljes hőenergia-felhasználás 50-60%-áért felelős. Ez a jelentős felhasználás számos ponton csökkenthető kisebb vagy gyorsan megtérülő beruházásokkal, jelentősebb beruházással pedig akár drasztikus csökkenés érhető el. Ezekkel a lehetőségekkel részletesen a hőenergiát tárgyaló fejezetben foglalkozunk 31. oldalon.

A sörgyártás technológiájából adódóan a legtöbb primer alapanyag felhasználása szintén a főzőházhoz kötődik. Mivel ezek nem csak mennyiségükben, hanem költségeiket tekintve is a legjelentősebbek közé tartoznak, célszerű ezek veszteségeinek minimalizálását előtérbe helyezni. Elsőként a főzőházi extrakt-veszteségek legfőbb forrásait és ezek kiküszöbölésének, illetve csökkentésének lehetőségeit tekintjük át.

Durva alapszabályként azt lehet mondani, hogy amennyiben a tényleges főzőházi kihozatal a laboratóriumi értéknél több mint 1%-kal rosszabb, érdemes az extrakt veszteségekkel foglalkozni. Az alacsony főzőházi kihozatal okai lehetnek (Carr-Harris [1996]):

- rossz minőségű alapanyagok (elsősorban maláta),
- nem megfelelő őrlés,
- nem megfelelő cefrészési folyamat,
- a cefreszűrő rossz kialakítása,
- nem megfelelő cefreszűrési folyamat.

A veszteségek pontos okainak, illetve forrásainak feltárása részletesebb elemzést igényel. Az alapanyag- (maláta-) kihasználás 1%-os javítása kb. 0,15 - 0,2 kg maláta megtakarítást jelent hektoliterenként. Ez pl. 500.000 hl-es éves termelés mellett durván 3 - 5 mio Ft¹ megtakarítást eredményez évente.

Jellemző extrakt-veszteséget jelent például a másolás végén (technológiától függően) keletkező híg cefre (utómásolás). Amennyiben ezt csatornára engedik, ez a víz- és extrakt-veszteség mellett jelentős KOI-terhelést eredményez a szennyvízben. Ezen problémák megoldása lehet a híg cefre felfogása egy puffertankban, és felhasználása a következő cefrészésnél. (A puffertanknak feltétlenül szigeteltnek kell lennie,

¹ kb. 50 Ft/kg maláta árral számolva

esetenként fűthetőség és keverés lehet szükséges.) Ezen veszteség a mászlóvíz mennyiségének pontos meghatározásával, illetve a mászás pontos szabályozásával gyakorlatilag nullára csökkenthető.

A komlóforralás után az örvénykádön leválasztott forró seprő sörletartalma szintén veszteséget jelenthet. Jelenleg a legtöbb sörgyárban a forró seprőt a cefreszűrőre vezetik vissza, és a törkölyel együtt választják el. Jól kialakított, megfelelően üzemeltetett cefreszűrő esetén az itt keletkező sörle-(extrakt-)veszteség minimális lesz. Ha ez a lehetőség valamilyen oknál fogva nem adott, a forró seprővel távozó sörle jelentős része visszanyerhető egy centrifuga vagy dekanter alkalmazásával. Egy ilyen megoldás megtérülési idejét elsősorban a sörgyár mérete, illetve az üzemeltetés módja fogja meghatározni (Fohr, Meyer-Pitthoff [1998]).

A forró seprő szennyvízbe engedése a keletkező veszteségek és az igen magas (100.000 mg/kg feletti) KOI érték miatt feltétlenül kerülendő.

A főzőházzal kapcsolatban a tisztább termelés szempontjából még egy terület érdemel említést: a törköly hasznosítása. Ma már teljesen általánosnak mondható, hogy a sörgyártás melléktermékeként keletkező törkölyt a sörgyárak értékesíthető terméknek és nem hulladéknak tekintik. (Németországi adatok szerint a törkölyértékesítésből származó bevétel átlagosan kb. 3 DM/t, de akadnak sörgyárak, amelyek 10 DM/t feletti bevételekre tesznek szert.) A törköly deponálása vagy más módon történő „ártalmatlanítása” ritka kivételnek számít (Knirsch et al. [1997]).

A törköly értékesítésének, illetve hasznosításának számos lehetősége közül hazánkban ma talán a leggyakoribb az állati takarmányként való felhasználás. A sörgyár környéki gazdák gyakran ingyen, vagy minimális térítés ellenében vehetik át a nedves törkölyt. Ez a megoldás környezeti szempontból kifogástalan mindaddig, amíg a nedves törkölyt nem kell nagyobb távolságra szállítani (ez a gazdasági korlátok miatt gyakorlatilag sohasem fordul elő). Ritkábban törkölyszárítókkal is találkozni, melyek — bár viszonylag jelentős energiafelhasználás és esetenként szagproblémák árán — a törköly eltarthatóságát jelentősen növelik. Kevésbé költséges módja az eltarthatóság javításának a silózás. A következőkben a törköly felhasználási lehetőségei közül olyan alternatívákat szeretnénk bemutatni, melyek adott esetben magasabb bevételt termelhetnek a takarmányként való értékesítésnél, illetve megoldást jelenthetnek olyan sörgyárak számára, ahol a takarmány felvevő-piac a keletkező törköly mennyiségénél (Knirsch et al. [1997], König [1997]).

A törköly emberi fogyasztásra is alkalmas, sőt számos előnyös táplálkozás-élettani tulajdonsággal rendelkezik. A leggyakoribb felhasználási mód szárítás és őrlés után „törkölylisztként” tésztafélék (elsősorban kenyér) készítéséhez. A „törkölykenyér” kinézetre és ízre a rozskenyérhez hasonló, magas tápértékű, magas sikértartalmú, kiemelkedően alacsony szénhidrát-tartalmú élelmiszer (cukorbeteg is fogyaszthatják). Ezen lehetőség nagyobb volumenű megvalósításáról nincs tudomásunk, egészen kicsi („családi”) sörfőzdékben azonban világszerte elterjedt megoldás.

A sörtörköly sok más, döntő részben szerves anyagból álló hulladékhoz hasonlóan komposztálható. A németországi tapasztalatok szerint ez a komposztálhatóság korlátozott, csak más anyagokkal keverve hatékony. A komposztálás költségeinek és a komposzt felvevőpiacának figyelembevételével ez a megoldás valószínűsíthetően csak egyes speciális esetekben lehet gazdaságos, országos szinten nem várható nagyobb mértékű elterjedése.

Jobb megoldás nem lévén a törköly elméletileg égetéssel is hasznosítható. A módszer gazdaságossága elsősorban a mechanikus víztelenítés hatásfokán múlik, de általánosságban elmondható, hogy még a jól víztelenített törköly is viszonylag rossz fűtőértékkel rendelkezik (magas víztartalom esetén az energiamérleg akár negatív is lehet). Ez a lehetőség szintén csak egyedi körülmények között jöhet szóba (pl. nagyon magas energiahordozó-árak mellett). További (lényegében szintén energetikai) hasznosítási lehetőség a törköly anaerob rothasztása. Az így nyert biogáz kiegészítheti a sörgyár energiaellátását (ez hosszútávon az önellátás és a megújuló energiahordozó révén igen előnyös lehet). A jelenlegi energiaárak mellett egy ilyen technológia beruházása csak igen nagy sörgyárak esetén térülne meg belátható időn belül és a törkölyhasznosítás egyéb lehetőségeivel összehasonlítva jelenleg nem tekinthető gazdaságosnak. Ennek ellenére érdemes evidenciában tartani ezt a lehetőséget, egyrészt az energiaárak várható emelkedése és a környezetvédelmi előírások várható szigorodása miatt (ezek hosszabb távon jelentősen javíthatják egy ilyen beruházás gazdasági mutatóit); másrészt egy esetleges anaerob szennyvíztisztítási, illetve szennyvíziszap-kezelési beruházás részeként (amellyel együtt már lényegesen jobb megtérülési idő várható). Ez utóbbi lehetőségről a szennyvízkérdések tárgyalásánál a 60. oldalon még szót ejtünk.

A törkölyhasznosítás „alternatív” lehetőségei közül a legígéretesebbnek az építőanyag-ipari hasznosítás mutatkozik. Alapvetően kétféle hasznosítási lehetőség kínálkozik (Knirsch et al. [1997], Mayer [1999], Meyer-Pittroff [1997]):

- a törköly felhasználása a téglagyártásban porozitás-növelő adalékként (erre a célra ma leggyakrabban fűrészport használnak, amit jelentős részben helyettesíthet a sörtörköly; ez a kísérletek szerint sem a téglagyártás technológiájában sem a téglá tulajdonságaiban nem okoz észlelhető változást)
- a törköly közvetlenül is használható szigetelőanyagként akár ömlesztve (kb. 10% nedvességtartalomig szárítva), akár a farostlemezhez hasonló lapokká préselve (ragasztóanyagokkal keverve, biológiai konzerválóanyagokkal és tűzálló impregnálással; ezek előállítására közvetlenül nedves törkölyből és szárított törkölyből is lehetséges)

Bár a fenti lehetőségeket laboratóriumi körülmények között és ipari méretű kísérletekben egyaránt sikerrel próbálták ki, és mind műszakilag mind gazdaságilag igen előnyösnek bizonyultak, gyakorlati alkalmazásról eddig csak elvétve számol be a szakirodalom. Ennek legvalószínűbb oka, hogy a legtöbb sörgyár számára jelenleg nem jelent gondot a törköly takarmányozási célú értékesítése, és az „alternatív” hasznosítástól várható anyagi előnyök nem olyan jelentősek.

A sörgyárak számára a törkölyhasznosítás aktuális módjának kiválasztásához az alábbi néhány szempontot kell figyelembe venni:

- a törköly egyértelműen értékesíthető nyersanyag, tehát csak olyan megoldásokkal érdemes foglalkozni, amelyek a sörgyár számára bevételt termelnek (jelenleg a komposztálás, az égetés és a deponálás általában nem ilyen);
- célszerű olyan lehetőségeket választani, amelyek folyamatosan biztosítják a törköly elszállítását (pl. hosszútávú átvételi garanciával szerződni) még akkor is, ha így rövid távon alacsonyabb bevételre számíthat a sörgyár (a deponálás magas költségei mellett jelentős veszteséget jelenthet, ha az átvétel szüneteltetése miatt átmenetileg deponálásra kényszerül a sörgyár — ez valószínűsíthetően messze meghaladja a valamivel magasabb értékesítési árból származó nyereséget);
- környezeti szempontból legkedvezőbbnek a takarmányozási célú hasznosítás tűnik, de igen pozitív az építőipari hasznosítás környezeti mérlege is (a két lehetőség közül az tekinthető környezetbarátabbnak, amelyik kisebb fajlagos szállítási igénnyel megoldható).

ÉRJESZTÉS

A sörgyár energiafelhasználásának számottevő részét teszi ki az erjesztőtankok és az erjesztéshez tartozó termék hűtése. Ez az energiaigény esetenként jelentős szezonális ingadozást mutathat, ami jelentős hidegenergia-veszteségekre utal. Ez a szezonális változás lehetőséget ad a kiküszöbölhető veszteségek durva becslésére: a nyári és a téli időszak átlagos fajlagos fogyasztása közti különbség nagyjából azonosítható az elégtelen szigetelés okozta veszteségekkel (ez a becslés természetesen nagyon durva, számos tényezőt figyelmen kívül hagy, de első közelítésnek használható).

Ezen veszteségek kiküszöbölésére, illetve csökkentésére az erjesztőtankok esetében a szigetelés minőségének javítása a legkézenfekvőbb megoldás. Mivel az általában ép burkolat alatt maga a szigetelés nem látható, annak állapotát általában a külső felületi hőmérséklet mérésével lehet feltérképezni. Amennyiben ez a durva becslés jelentős megtakarítási potenciált jelez, érdemes lehet a költségesebb, de pontosabb infravörös hőmérővel készítésével keresni a főbb veszteségi pontokat, míg kisebb várható megtakarítások esetén egyszerűbb módszerek jöhetnek szóba (pl. felületi pontmérésekből készített raszterkép). A legjelentősebb szigetelési hiányosságok manuálisan („kézrátétellel”) is jól érzékelhetők, bár ez az erjesztőtornyok esetében a legtöbb sörgyárban akrobatikus teljesítményeket igényelhet. Külön fel kell hívni a figyelmet minden olyan pontra, ahol a tankok hengerpalást-felületét valami megbontja (pl. csőcsatlakozások, búvónyílások, az erjesztőpincét a kültértől elválasztó földémszerkezet, stb.), mivel ezek a szigetelési hiányosságok, illetve a szigetelés sérülésének leggyakoribb pontjai. Ezek esetében a manuális érzékelés általában nem jelent problémát, tehát első lépésként mindenképpen javasolható.

A hidegenergia-veszteségek csökkentésének további lehetősége rejlik az erjesztési, illetve tárolási hőmérséklet változtatásában. Ezt nyilván erősen behatárolja a technológia, illetve a sör minősége, de bizonyos mozgástér általában adott. A tárolási hőmérséklet 1 °C-kal történő emelése 4-5% körüli energia-megtakarítást jelent (Hackensellner [1997]).

A termék hűtésével kapcsolatosan két témakör érdemel említést: a nyílászárók és a szellőztetés. A nyílászáróknak az energiaveszteségek csökkentése érdekében két követelménynek kell megfelelniük: (1) zárt állapotban jól kell szigetelniük, és (2) zárva kell lenniük. Utóbbit célszerű automatizálni (erős behúzókarokkal, amelyek

tényleges zárást és nem csak behajtást biztosítanak), de elkerülhetetlen a munkatársak tudatosítása és megfelelő motiválása (pl. az ajtók kitámasztásának elkerülésére). Mindezek kiemelten fontosak nyáron a kültérbe, illetve egész évben a meleg beltérekbe (pl. főzőház, fejtőüzem, irodák) nyíló ajtók esetén.

A szellőztetéssel kapcsolatban gyakori veszteséget jelent, hogy amennyiben a klimatizált helységek nincsenek megfelelően szellőztetve, a helységben keletkező párát (erjesztőüzemben döntőrészt a padló felmosásából, illetve az elfolyásokból ered) a klímaberendezés „szállítja ki” a helységből. Ez jelentősen rontja a klímaberendezés hatásfokát, és igen jelentős felesleges áramfogyasztást eredményez. Tehát feltétlenül javallott a nedves klimatizált helységek mesterséges szellőztetése, amit a hidegenergia-veszteségek elkerülése végett célszerű egy levegő-levegő hőcserélővel felszerelni a belépő és a kilépő levegő hőcseréjének biztosítására. Egy ilyen megoldással a helységek hűtésigényét jelentősen lehet csökkenteni és az ilyen beruházások általában rövid időn belül megtérülnek. A klimatizálás hatékonyságát tovább növeli, ha a hűtött légtérből lehetőség szerint minden hőforrást eltávolítunk (pl. motorok, hagyományos izzós világítás, számítógépek, meleg médiumot szállító szigetetlen csővezetékek és tartályok, stb.); és a lehető legkisebbre korlátozzuk az itt dolgozók tartózkodási idejét is (ez egyébként egészségügyi szempontból is javasolható) (Manger [1997]).

A hűtéssel és klimatizálással még részletesen foglalkozunk a 43. oldalon.

Mind környezeti mind gazdasági szempontból igen lényeges kérdés az erjesztés területén az élesztő kezelése. Terjedelmi okokból a következőkben ennek a kérdéskörnek csak néhány kiragadott aspektusát tárgyaljuk.

Alapvető fontosságú annak elkerülése, hogy az erjesztőtankokban, illetve esetleg vezetékekben maradó sör-élesztő szuszpenzió a csatornába kerüljön. Mind az élesztő, mind a sör elvesztése anyagi veszteséget jelent, és a szuszpenzió 120.000-140.000 mg/l körüli KOI értéke, valamint az élő élesztősejtek jelenléte igen jelentősen terheli mind a közcsatornát, mind a saját szennyvíztisztítót. Ennek elkerülésére általános „receptet” nehéz volna felállítani, mivel a veszteségeket döntőrészt a helyi adottságok (pl. a tankok geometriája) befolyásolják. Ebben a kérdésben két egyszerű megállapítás tehető:

- az álló, cilindronikus tankok esetében várható a legkisebb veszteség (legrosszabbak a fekvő hengeres, illetve szögletes geometriájú tankok, illetve kádak);

- leeresztés után utóöblítéssel vagy a CIP-elés első öblítővizének felfogásával a veszteségek jelentős része megfogható.

A következő említést érdemlő lehetőség az élesztővel távozó maradék sör visszanyerése. Ennek mennyisége a helyi adottságoktól függően igen különböző lehet, de a legtöbb sörgyárban viszonylag pontosan ismert (egyszerűen számítható), általában a termelt mennyiség 1-2%-a körüli nagyságrendben mozog. Azokban a sörgyárakban, ahol ilyen kimutatást folyamatosan nem vezetnek, javasolt egy számítás elvégzése az ilyen módon keletkező anyagi veszteség becslésére (Carr-Harris et al. [1996]).

A maradék sör visszanyerésére számos lehetőség létezik:

- Szűrőprés. Előnye, hogy az élesztőt viszonylag magas szárazanyag-tartalommal lehet kinyerni vele; hátránya, hogy az élesztősejteket erősen roncsolja, ami számos hasznosítási lehetőséget kizár, és a visszanyert sör minősége általában gyenge. A berendezés beruházási és üzemeltetési költségei más módszerekkel összehasonlítva alacsonyak.
- Cross-flow szűrés. Előnye a visszanyert sör nagyon jó minősége és az élesztősejtek minimális roncsolása, hátránya a nagyon magas beruházási és üzemeltetési költség (75-100 kW szivattyúteljesítmény, jelentős hűtésigény). Ezzel a módszerrel 20-22%-os szárazanyag-tartalmú élesztő nyerhető, ami kb. 50%-os maradéksör-visszanyerést jelent.
- Dekanter (fekvő centrifuga). A cross-flow szűréshez hasonló szárazanyag-tartalom (és sör-kihozatal) elérésére képes, alacsonyabb beruházási és lényegesen alacsonyabb üzemeltetési költségek mellett, rosszabb visszanyert sörminőség mellett (elsősorban a viszonylag magas oxigénfelvétel miatt). Továbbfejlesztett változatai (pl. „Sedicanter”²) magasabb kihozattal (kb. 60%, 26-28%-os szárazanyag-tartalmú élesztő), és a cross-flow szűréssel összemérhető sörminőséggel az egyik legígéretesebb alternatívát jelentik (Colesan [1999]).
- Szeparátor (tányércentrifuga). A dekanterhez hasonló eredménnyel működik, valamivel magasabb üzemeltetési költség mellett.

A visszanyert sört minőségétől függően vagy a főzőházban a forró sörléhez adagolják, vagy (pasztörözéssel vagy anélkül) az erjesztőtankokban, illetve a szűrőn

² részletes leírását ld.: Brauwelt Nr. 8/1999, 300. oldal

keverik vissza. Az élesztő (a sörvisszanyeréstől függetlenül) jól értékesíthető melléktermék. A hasznosítás módjai közül a leggyakoribbak:

- Takarmányozás. Az élesztő magas fehérje-, vitamin- és ásványianyag-tartalma miatt igen értékes takarmány. Ha azonnali felhasználása nem biztosítható, konzerválni kell, amit leggyakrabban szárítással érnek el. A szárítás energiaigényét természetesen döntően befolyásolja a kiindulási szárazanyag-tartalom, ami egy újabb érv lehet az élesztőből történő sörvisszanyerés mellett. Ebben az esetben olyan sörvisszanyerési módok is szóba jöhetnek, amelyek jelentősebben roncsolják az élesztősejteket.
- Emberi fogyasztás. A szárított élesztő emberi fogyasztásra is alkalmas, bár ez a felhasználási mód nem túlságosan elterjedt.
- Gyógyszer-, illetve kozmetikai ipar. Az élesztő mind szuszpenzióként, mind szárított formában értékes nyersanyag a gyógyszer-, illetve kozmetikai iparban. Az élő sejtek a biotechnológiai úton előállított alap- és hatóanyagok (pl. számos vitamin) gyártásában használhatók, az elhalt élesztősejtekből pedig részben szintén alapanyagokat vonnak ki, részben pedig pl. mikrobiológiai táptalajok készítésére használják. Ez a felvevőpiac magasabb igényeket támaszt az élesztő tisztaságával és minőségével szemben, amit azonban jelentősen magasabb átvételi árakkal honorál.

Az erjesztéssel kapcsolatos további lehetőségek rejlenek a szén-dioxid visszanyerésében. Az erjesztés során hektoliterenként 4,1-4,5 kg CO₂ keletkezik, ez egy átlagos sörgyár CO₂-felhasználásának több mint kétszerese. A visszanyerés technikai lehetőségeit és gazdaságosságát is figyelembe véve általánosságban kijelenthető, hogy az erjesztés során keletkező szén-dioxid mennyiség a sörgyár teljes igényének fedezésére elegendő³. Innen kezdve tehát csak gazdasági megfontolásokon múlik a visszanyerés megvalósítása a sörgyárban, amit döntőrészt a szén-dioxid pillanatnyi piaci ára határoz meg. Jelenleg Magyarországon olyan alacsony a minerális forrásokból származó CO₂ ára, hogy a legtöbb hazai sörgyár számára csak nagyon hosszú idő alatt térülne meg a visszanyerés megvalósítása. Ez a helyzet azonban a jövőben a környezethasználati díj bevezetésével változhat (Carr-Harris [1996]).

³ A jelenlegi technológiákkal gazdaságosan a keletkező mennyiségnek kb. fele nyerhető vissza.

Amennyiben egy sörgyár a visszanyerés megvalósítása mellett döntene, illetve a már üzemelő berendezések működtetése során az alábbiakra érdemes figyelmet fordítani:

- Igen lényeges megtalálni az optimumot a visszanyerés elindítását jelentő CO₂-koncentrációban. Amennyiben ez alacsony (sok az egyéb gáz), jelentősen növekszik a tisztítás és cseppfolyósítás energiaigénye, amennyiben viszont nagyon magas (nagyon tiszta CO₂), úgy sok a veszteség a fermentáció elején elengedett gázzal. Az optimum megtalálásához pontos műszaki-gazdasági számításokra vagy iteratív kísérletezésre van szükség. A megállapított optimum pontos betartásához általában elengedhetetlen a koncentráció pontos mérése az erjesztőtankok légterében (a tapasztalati alapon meghatározott időben megkezdett elvétel általában nagyon pontatlan). A CO₂-veszteségek csökkentése szempontjából nagyon fontos, hogy az erjesztőtank légteréből távozó gáz koncentráció-görbéje meredek legyen. Ezt a tapasztalatok szerint leginkább a tankok optimális töltési szintjével lehet befolyásolni (alacsony töltési szint, azaz nagy szabad légtér esetén a görbe ellaposodik). Ez legtöbbször a sörgyár adottságaitól függ, itt az egyes főzetek mennyiségével és az erjesztőtankok méretével optimálisan gazdálkodni tudó gyárak vannak „előnyben”.
- A keletkező gáz számára megfelelő pufferkapacitást kell biztosítani a kompresszorok optimális üzemeltetése érdekében. Ezen pufferkapacitás szűkössége (szűkös kompresszor-kapacitással társulva) a működő rendszerek veszteségeinek egyik leggyakoribb forrása.
- A kompresszorok hulladék hője hasznosítható pl. a CO₂-elpárolgató fűtésére.
- A cseppfolyósítást a szükséges alacsony hőmérséklet miatt szinte kivétel nélkül önálló hűtőrendszerrel oldják meg. Az erre vonatkozó megfontolások a hűtéssel foglalkozó fejezetben találhatóak (ld. 43. oldal).
- A cseppfolyós CO₂-tartály és vezetékeinek jó szigetelése kulcsfontosságú.
- A CO₂-elpárolgató fűtése megoldható valamely közeli berendezés hulladék hőjével (pl. egyszerűen a helyiség levegőjén keresztül), de olyan megoldást is alkalmaznak, ahol az elpárolgató a hidegenergia-puffer hűtésére „segít rá”.
- Célszerű a CO₂-hálózat nyomását a technológiák által lehetővé tett minimális értéken tartani a tömítetlenségi veszteségek minimalizálására.

- A rendszer hatékony üzemeltetéséhez elengedhetetlenül szükséges egy mindenre kiterjedő, pontos és gyors szabályozórendszer. Ilyenek ma már nagy választékban állnak rendelkezésre, és bizonyítottan megéri viszonylag jelentős beruházási költségeiket.

SZŰRÉS

A szűréssel kapcsolatban környezeti szempontból a használt kovaföld jelent problémát. Ezzel kapcsolatban említést érdemel a kovaföldmentes szűrés lehetősége, amelyre számos technológiát dolgoztak ki az elmúlt időben. Ezek döntő része még a kísérleti stádiumban van, egyeseket azonban már a gyakorlatban is alkalmaznak.

A gazdasági vonzatok érzékeltetésére álljon itt egy példa: egyik hazai sörgyárunk évente kb. 20 mio Ft értékű kovaföldet használ fel, majd az ebből keletkező hulladékot évi kb. 2,5 mio Ft-ért ártalmatlanítja (komposztálással). Ezen költségek az alternatív szűrési technológiákkal töredékükre volnának csökkenthetőek.

A legfontosabb kovaföld-mentes, illetve alternatív szűrési technológiák (Fischer et al. [1997], Wackerbauer [1997]):

- Centrifuga, szeparátor (általában a kovaföldes szűréssel kombinálva). Az élesztő 95-98%-ának eltávolítására képes, ezáltal radikálisan csökkenti a második lépésben szükséges kovaföld mennyiségét. Az itt kinyert élesztő nagy tisztaságú, jól értékesíthető. Hátránya a viszonylag magas beruházási költség és a számottevő energiafelhasználás, ennek ellenére versenyképes alternatívát jelent a kovaföld-szűréssel szemben.
- Cross-flow membránszűrés. A maradéksör visszanyerésének lehetőségeinél leírtakkal analóg technológia, magas beruházási és üzemeltetési költségei miatt nem terjedt el. A folyamatban lévő fejlesztések nyomán középtávon versenyképes lehet.
- Cellulóz-PVPP szűrés. A centrifugával kombinált kovaföldes szűréssel analóg, második lépésben azonban egy speciális cellulóz-PVPP keveréket használ (egyébként a kovafölddel analóg módon). A második szűrési lépcső egyben a stabilizálást is biztosítja. Előnye, hogy a szűrő-keverék a hagyományos PVPP-stabilizáláshoz hasonlóan forró lúggal regenerálható és újra használható (Dickmann [1995]).
- Cellulóz bázisú lapszűrők (kovaföld használata nélkül). Kísérleti stádiumban lévő megoldás.

A kovaföldes szűréssel kapcsolatosan állandó problémát jelent a használt kovaföld kihordása, tárolása és ártalmatlanítása. Általánosságban elmondható, hogy a

hasznosítás lehetőségét rontja, költségeit pedig akár igen jelentősen növelheti a magas víztartalom. Éppen ezért fontos a kovaföld minél szárazabb kihordása, illetve ahol ez technológiai okokból nem megvalósítható, a víztelenítése (a hasznosítás módjától függően). A víztelenítés például szűrőprésekkel gond nélkül megoldható, akár 50% feletti szárazanyag-tartalom is elérhető. A száraz kihordás lehetőségei közül említést érdemelnek (Oliver-Daumen [1999]):

- Keretes szűrőprés használata esetén a papír (cellulóz) lapszűrők használata (ezekkel a kipréselt szűrőlepeny szárazon leválasztható a szűrőkeretekről, és pl. megfelelő csigával kihordható vagy közvetlenül konténerekbe szedhető). A megoldás hátránya, hogy növeli az ártalmatlanítandó hulladék mennyiségét, illetve a szűrési segédanyagok költségét. A papírtartalom a legtöbb hasznosítási lehetőségnél nem okoz gondot.
- Egyes sörgyárakban a szűrőlepenyt sűrített levegővel (esetleg szén-dioxiddal) „fúvatják le” a szűrőkeretekről, illetve hordják ki a gyertyás szűrőkből. A megoldás szintén költséges, de megtérülhet a lényegesen alacsonyabb víztartalomtól eredő alacsonyabb szállítási és ártalmatlanítási költségeken keresztül.

A használt kovaföldnek a szennyvízbe jutását feltétlenül kerülni kell a magas KOI-érték és a lebegőanyag-terhelés miatt. A kovaföld hasznosításának számos lehetősége ismert, a gyakorlatban is többféle megoldás terjedt el. Szerencsére itt is elmondható, hogy (legalábbis Nyugat-Európában) ritka kivételnek számít a használt kovaföld deponálása. A gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott, illetve a jövőre nézve legígéretesebb kovaföld-hasznosítási módok (Meyer-Pittroff [1997]):

- Konzerválás. A kovaföld hasznosításával (általában kezelésével) kapcsolatosan a legjelentősebb problémát a gyors biológiai bomlás okozza. Ez azonnal érzékelhető a keletkező kellemetlen szagról. Mivel a legtöbb hasznosítási lehetőség hosszabb-rövidebb tárolást tesz szükségessé, meg kell akadályozni a bomlási folyamatok megindulását. A konzerválás történhet a pH érték csökkentésével (3,5 alatti értékre) pl. citromsav, ecetsav, benzoésav hozzáadásával; vagy a pH érték növelésével, pl. nátronlúg vagy égetett mész hozzáadásával (utóbbit részletesen ld. később). Léteznek külön erre a célra kifejlesztett bio-termékek is (pl. Renosan).
- Talajjavítás. A használt kovaföldet (mindenféle további kezelés nélkül) mezőgazdasági területekre kihordva (beszántva) talajlazító hatás érhető el. Ezen túlmenően a kovaföld javítja a talaj víztartó képességét, és értékes nitrogén-

trágyaként szolgál. A német sörgyárak több mint egyharmada ezen az úton szabadul meg használt kovaföldjétől. (Ilyen módon magas víztartalmú kovaföld is hasznosítható, bár a szállítási költségeket jelentősen növeli.) Gyakran alkalmazzák ezt a megoldást úgy is, hogy a használt kovaföldet a vízlágyítás során keletkező mészsizappal keverik.

- Sterilizálás. A használt kovaföldet égetett mésszel keverve (kb. 30% mész) egy steril, száraz, szórható (granulátumszerű), szagtalan, hosszabb ideig is tárolható anyag keletkezik. Az alacsony pH érték és az erősen exoterm reakció sterilizálja az elegyet, a víztartalom nagy része pedig a szemcsékben megkötődik. Ez az anyag szintén hasznosítható talajjavításra (ld. előző pont), illetve kiválóan alkalmas építőanyag-ipari felhasználásra (ld. később). A módszer egyetlen hátránya, hogy viszonylag jelentősen megnöveli a hasznosítandó anyag mennyiségét.
- Komposztálás. A használt kovaföld jól komposztálható, a magas víztartalom (más anyagokkal együtt komposztálva) előnyös a komposztálás szempontjából. A kovaföld tartalmú komposzt a korábban említett talajjavító tulajdonságokkal rendelkezik. A törköly esetében már említett magas költségek és a korlátozott felvevőpiac itt is gátat szabnak a komposztálás szélesebb elterjedésének.
- Értékesítés a szennyvíziszappal. Egyes sörgyárak használt kovaföldjüket a szennyvíziszaphoz keverik, és azzal együtt értékesítik, illetve ártalmatlanítják. A szennyvíziszap kezelésének lehetséges módjaival a szennyvízkezelésről szóló fejezetben a 60. oldalon részletesebben foglalkozunk.
- Regenerálás. A használt kovaföld regenerálás után újra használható. A regenerálásra alapvetően kétféle eljárás létezik: nedves (forró lúgos és/vagy savas hidrolízis), vagy termikus (szárítás után 700-800 °C-on kiégetve). A regenerált kovaföldet általában max. 40%-ig lehet a friss kovaföldhöz keverve adagolni. A nedves regenerálás kisebb méretekben is megoldható, a termikus regenerálás viszont csak nagy mennyiségek esetén lehet gazdaságos (pl. több sörgyár összefogásával). Németországban a söripar által használt kovaföld kb. egynegyedét regenerálják.
- Építőanyag-ipar. A korábban a törköly esetében említett lehetőség a használt kovaföld esetében is adott. A magas szervetlenanyag-tartalom (SiO_2) révén a kovaföld nem csak porozitás növelésére, hanem ténylegesen nyersanyagként

hasznosul. A használt kovaföld hozzáadásával készített téglá, cserép és egyéb égetett építőelemek esetében a hagyományos alapanyagokhoz képest megnövekedett szilárdságot, könnyebb formázhatóságot és valamivel alacsonyabb sűrűséget mutattak a kísérletek. A korábban említett égetett mészh hozzáadásával sterilizált kovaföld ilyen irányú felhasználásra kiválóan alkalmasnak bizonyult. Építőanyag-ipari felhasználásra általában enyhén víztelenített kovaföld a legalkalmasabb. Mindezen pozitív tulajdonságok ellenére az ilyen irányú hasznosítás még nem túl elterjedt, bár az utóbbi években (főleg Németországban és Ausztriában) egyre gyakoribb. Az építőanyag-ipar a termelési volumenek figyelembevételével a kovaföld számára gyakorlatilag korlátlan felvevőpiacot jelenthetne (Knirsch et al. [1997], Meyer-Pittroff [1997]).

A kovaföld-hasznosítás említett módozatai közötti választáshoz leginkább a korábban a törköly esetében már említett szempontokat célszerű figyelembe venni (ld. 10. oldal). Külön figyelmet érdemel a legmegfelelőbb megoldás kiválasztásánál:

- a száraz kihordás vagy a víztelenítés lehetősége, illetve szükségessége,
- a konzerválás, illetve sterilizálás szükségessége (a tárolási idő függvényében),
- és a szükséges szállítási távolság.

A kovaföld ártalmatlanítás, illetve hasznosítás gazdasági vonzatait tekintve a németországi adatok azt mutatják, hogy a sörgyárak egy része költségek nélkül szabadul meg a kovaföldtől, sőt egyes sörgyárak bevételre tesznek szert ebből. A sörgyárak nagyobb része azonban fizetni kénytelen a hasznosításért, illetve ártalmatlanításért. (A kovaföld-regenerálás fajlagosan magasabb költségeit részben fedezi az ezáltal kiváltható friss kovaföld beszerzési költsége, illetve esetenként a regenerált kovaföld értékesítéséből származó bevétel.) A német tapasztalatok alapján a gazdasági mutatók nem általánosíthatók, az egyes sörgyárak esetén egyedileg kell vizsgálni az elképzelhető módszerek gazdaságosságát.

A szűrés területe gyakran jelentős CO₂-felhasználó a sörgyárban. A fajlagos felhasználás jelentős csökkenése érhető el az alábbi megoldásokkal:

- Nyomótankok kizárólag savas CIP-elése (a lúgos CIP-elés során tartályban lévő szén-dioxid döntőrészt megkötődik a lúgban, és a szennyvízbe távozik, ami egyben a lúgfelhasználást is szükségtelenül megnöveli).

- A nyomótankok légterének összekötése (szükség szerint megfelelő sterilszűrőkön keresztül) — amivel elérhető, hogy a szűrés során az egyik tankból kiszorított gáz az éppen ürített tankba áramoljon át. Ezáltal minimálisra csökken a légtérbe távozó CO₂-mennyiség, és ezzel párhuzamosan a fajlagos felhasználás.

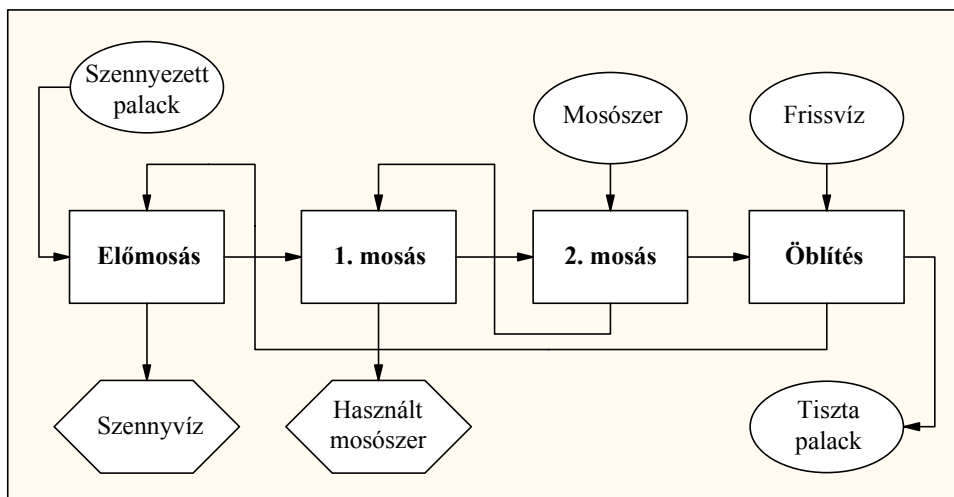
Az elkerülhetetlenül a légtérbe távozó szén-dioxid a fáradt lúg vagy a szennyvíz semlegesítésére hasznosítható. Erről részletesen a szennyvízkezelés tárgyalásánál lesz szó.

A szűrés során keletkező sörveszteséget, a vízfelhasználást és a keletkező szennyvíz mennyiségét egyaránt csökkenteni lehet az elő- és utószűrlet optimalizálásával. Az alkalmazott szűrési technológia és a helyi adottságok általában behatárolják a mozgásteret, de kisebb-nagyobb megtakarítás a pontos szabályozással és a jól tervezett üzemeltetéssel általában elérhető. Újabb beruházás tervezésekor, illetve a technológia felújításakor feltétlenül érdemes a legmodernebb, elő- és utószűrlet-mentes szűrőket előnyben részesíteni.

FEJTÉS

A fejtőüzemek igen jelentős víz- és energiefelhasználók a sörgyárban. A vízfelhasználás döntőrészt a palack- és rekeszmosásra, valamint a pasztörözésre, sterilizálásra és tisztításra (CIP) fordítódik. A hőenergia felhasználásáért elsősorban a pasztörözés felelős. Ezen felül jelentős lehet a fejtőüzem hűtésigénye is. Az alábbiakban a technológiai sort követve mutatjuk be a megtakarítási lehetőségeket az egyes területeken.

A palackmosógép víz-, hő- és lúgfelhasználása a belső vízforgalomtól függ, illetve attól, hogy megfelelő-e a szabályozása. Modernebb berendezésekben általános az öblítővizek és a mosólúg kaszkád hasznosítása, melyet (jelentősen egyszerűsítve) az alábbi ábra mutat.



A keletkező használt mosólúg tisztításával (általában ülepités) és visszaforgatásával jelentősen csökkenthető a fajlagos lúg- és vízfelhasználás. Ígéretes kísérletek folynak a mosólúg folyamatos tisztítására (regenerálására) nanoszűrővel.

A palackmosó használt mosóvizeit, illetve használt mosólúgját a legtöbb sörgyárban ládamosásra használják. A szakirodalom olyan utalást is tartalmaz, amely szerint a palackmosó túlfolyó vizei felfogva a kazántápvízhez adagolhatók (a vízelőkészítés előtt). A hasznosítás lehetőségeinek és az adott körülmények között legmegfelelőbb megoldásnak a kidolgozása minden sörgyárban egyedi elemzést igényel (Chmiel et al. [1997]).

Nem megfelelő üzemeltetés esetén igen nagy víz- és energiafogyasztó lehet a pasztörözés. A napjainkban használatos kétféle pasztörözési eljárás (alagút-, illetve pillanatpasztörözés) közül a pillanatpasztörözés az esetek zömében kedvezőbb fajlagosokkal üzemeltethető. Egy modern, jól méretezett és megfelelően üzemeltetett pillanatpasztör 90% feletti hőhasznosítással működik (a belépő és kilépő áramok közötti hőcsere segítségével), azaz minimális a külső fűtési és hűtési igénye (utóbbi gyakran teljesen elhagyható).

Az alagútpasztör hatékony üzemeltetése elsősorban a jó szabályozáson, és a belső vízforgalom optimalizálásán (kaszád hőhasznosítás) múlik. Alapvető minőségi és energetikai követelmény, hogy a szállítószalag leállásakor a berendezés automatikusan zárja a fűtés szelepeit, és megfelelő visszahűtés után a hűtővíz szórófejeit is. Az alagútpasztör optimális üzemeltetésével, illetve esetleges megtakarítási potenciálok feltárásával kapcsolatosan mindenképpen érdemes az ezzel foglalkozó szakcégek állásfoglalásait kikérni.

Egyes sörgyárakban igen jelentős vízfelhasználást jelent a fejtőüzemek egyes berendezéseinek forró vízzel történő sterilizálása, illetve az ezt követő visszahűtés (hideg vízzel). Itt többféle megoldás is alkalmazható a veszteségek csökkentésére (Merkle [1998]):

- A sterilizáláshoz szükséges forróvíz előállítható hulladék hő felhasználásával (pl. hűtőaggregát, levegőkompresszor, palackmosó v. pasztör hulladék hője)
- A visszahűtés esetenként gazdaságosabb lehet hűtött vízzel (pl. úgy, hogy az erre szolgáló hűtőaggregát hulladék hőjét a sterilizáló víz melegítésére hasznosítják) — így csaknem zárt hűtővíz-kör alakítható ki, ami a vízfelhasználást drasztikusan csökkenti.
- A sterilizáláshoz és visszahűtéshez használt vizek gyakorlatilag teljesen tiszták, ezeket feltétlenül célszerű újból felhasználni (pl. a palackmosó veszteségeinek pótlására, egyéb tisztítási célokra, CIP-oldatokhoz, szociális használati melegvízhez, stb.)

További vízmennyiség takarítható meg azzal, ha a termelésbe kerülő új palackokat, dobozokat és hordókat első használat előtt sűrített levegővel fúvatják ki az előöblítés helyett (bizonyos mértékű vízfelhasználásra a nedvesítés miatt továbbra is szükség lehet).

A palackokról lemosott címkék a sörgyártás egyik legproblémásabb hulladékát jelentik. A címkehulladék hasznosítására szintén számos lehetőség kínálkozik, amelyeket azonban jelentősen korlátoz a gyakran magas víztartalom (mely erősen lúgos), és az alumínium (nyak-)fóliák, illetve esetenként a festékekből vagy a fémgőzölt címkékből származó egyéb fémek (nehézfémek is). Általánosságban kimondható, hogy a kizárólag marketing célokat szolgáló alumíniumfóliázás, illetve a fémgőzölt címkék használata mind technológiai, mind gazdasági, mind környezeti szempontból igen hátrányos. Az alumínium, illetve más fémek a mosólúgba oldódnak, miközben hidrogéngáz fejlődik, amely esetleg feldúsulva robbanásveszélyt jelenthet. A beoldódott fémek már alacsony koncentrációban is olyan kiválásokat eredményeznek a palackokon, amelyek elsősorban esztétikai okokból elfogadhatatlanok, ezért a mosólúg költséges folyamatos tisztítása vagy gyakori cseréje szükséges. A címkehulladékba jutó alumínium, illetve az esetleges nehézfémek (pl. festékekből) számos hasznosítási lehetőséget eleve kizárnak, másokat pedig nehezen vagy nagyon költségessé tesznek. Nem ritka az az eset, hogy az egyébként hasznosítható, akár értékesíthető címkehulladék a bele kerülő fémek miatt veszélyes hulladékká válik, melyet csak magas költségek árán lehet ártalmatlanítani.

A fent vázolt problémákat egy-egy sörgyár önmagában nem tudja megoldani, hiszen a sörgyárakhoz visszajutó palackmennyiség egy része (amely régiótól függően kisebb vagy nagyobb lehet) más gyártól származik. Végleges és megnyugtató megoldást csak több sörgyár együttes fellépése jelenthet. Példaként ismét Németország, illetve Ausztria említhető, ahol az elmúlt néhány évben 5-7% körüli arányra csökkent az alumínium fóliát még alkalmazó sörgyárak száma. A német statisztikák szerint a sörgyárak átlagosan 3 évente váltanak címkéket (elsősorban marketing megfontolásokból), tehát nagyjából ilyen időközönként van esély újabb „támadást” indítani az alumíniumfóliák, fémgőzölt címkék és nehézfém-tartalmú festékek ellen.

A mosógépről magas víztartalommal kikerülő címkehulladék víztelenítése (prézelése) gyakorlatilag minden hasznosítási és ártalmatlanítási mód esetében előnyös és megtérülő beruházás. A német sörgyárak 90%-a vízteleníti címkehulladékát. Megfelelő prézeléssel a címkehulladék mennyisége kb. 50%-kal csökkenthető, ami a szállítási és ártalmatlanítási költséget is automatikusan felére csökkenti. (A címkékből kipréselt lúg adott esetben visszavezethető a lúg-regenerálásba, ami további víz- és vegyszer-megtakarítást eredményez.)

A címkehulladék hasznosításának lehetőségei közül említést érdemelnek:

- Komposztálás. A címkehulladék komposztálása csak akkor lehetséges, ha a megfelelő víztelenítés adott, és a hulladék alumínium- és nehézfém-tartalma elhanyagolható. Ebben az esetben a címkék értékes komposzt-alapanyagot jelentenek, más anyagokkal együtt jól komposztálhatók. A komposztálás korábban említett hátrányai (magas költségek, szűk felvevőpiac) itt is korlátokat jelentenek.
- Visszaforgatás (recycling). Lehetséges hasznosítási mód, bár a címkepapír magas nedves szilárdsága miatt különleges követelmények elé állítja a papíripart. A speciális berendezések és a viszonylag magas energiaigény ellenére csak 40-50%-os rosthaznosítással lehet számolni, a címkék tömege ugyanis 50-60%-ban töltőanyagból, felületi mázából és egyéb nem hasznosítható összetevőkből adódik. Ennek ellenére hazánkban javasolható ez a hasznosítási mód, mert a hazai papír-hulladék-feldolgozó vállalatok egy része rendelkezik az ehhez szükséges technológiával, és hazánk évek óta folyamatosan papír-hulladékot importál a szükségletek fedezésére. A jól víztelenített és lehetőleg minimális fémtartalmú címkehulladék hasznosításának ez a módja mind környezeti mind gazdasági mutatóit tekintve előnyös. Magas víz- vagy fémtartalmú címkehulladékot a papírgyárak általában nem vesznek át.
- Égetés. Szintén lehetséges, de nem túl kedvező hasznosítási mód, mert a préselt címkehulladék fűtőértéke alacsony (nedves, rossz minőségű barnaköszénhez hasonló), és a 20-25%-ot kitevő szervesen összetevő miatt magas hamuképződést eredményez.
- Építőanyag-ipar. A törkölyhöz és a kovaföldhöz hasonlóan a címkehulladék építőanyag-ipari hasznosításának lehetőségét is számos kísérletben vizsgálták. Az eredmények pozitívak: a megfelelő méretűre őrölt (préselt) címkehulladék mind porozitás-növelő adalékként, mind szilárdságjavító rostanyagként jól vizsgázott. Az ilyen módon gyártott téglák mind a feldolgozás folyamán, mind késztermékként a hagyományosnál kedvezőbb tulajdonságokat mutattak. További előnyt jelent, hogy a címkehulladék felhasználása pl. fűrészpor helyett némiképp csökkenti a téglagyártás primerenergia-igényét, és jelentősen csökkent néhány káros emissziót (valószínűsíthetően a címkékben található töltőanyagok kemiszorpciója révén). További előnye ennek a hasznosítási módnak, hogy a korábban említettekhez képest kevésbé érzékeny a címkehulladék fémtartalmára.

Egy átlagos sörgyárban 0,2-0,3 kg címkehulladék keletkezik termelt hektoliterenként. A hasznosítás, illetve ártalmatlanítás költségei széles skálán mozognak, de nem ritka az olyan sörgyár, amely költségek nélkül szabadul meg a címkehulladéktól. Általánosságban az a trend figyelhető meg, hogy a nagyobb sörgyárak kedvezőbb anyagi feltételekkel tudják megoldani a címkehulladék hasznosítását, illetve ártalmatlanítását (Mayer [1999]).

A fejtőüzemek másik jellegzetes hulladéka az üvegcserep. Ezzel kapcsolatban általánosságban elmondható, hogy hasznosításának alapvető feltétele a megfelelő tisztaságú szelektív gyűjtés. A koronazár és a címkehulladék feltétlenül kerülendő szennyezést jelent az üveghulladék közt. Hazánkban jelenleg sajnos komoly gondot okoz az üveghulladék hasznosítása, mivel a színes öblösüveg gyártása a hazai üvegyárakban teljesen megszűnt. Néhány hazai sörgyár ennek ellenére értékesíteni tudja üveghulladékát, amelyet útalapba dolgoznak be. Célként mindenképpen legalábbis az ingyenes elszállítást kellene kitűzni.

A hazai sörgyárak jelentős része ma még PVC-betétes koronazárakat használ. Környezeti szempontból lényegesen kedvezőbb a PE (polietilén) betétes alternatíva, amely szintén hozzáférhető. Magyarországon ilyen koronazárakat nem gyártanak, Ausztriából, illetve Németországból lehet ezeket beszerezni. (A kereslet növekedésével minden bizonnyal a hazai gyártók is folyamatosan ráállnak ezek gyártására.) A külföldi beszerzés feltehetően némiképp növeli a környezetbarátabb alternatíva árát, de az ezáltal jelentkező költség-növekedés nem számottevő.

A sörpar szakirodalma az utóbbi időben igen intenzíven foglalkozik az alternatív csomagolóanyagokkal. Ezek közül néhány már meg is jelent a piacon, tömeges elterjedésükre azonban feltehetően még várni kell. A fejlesztés legfontosabb irányai (Hertlein [1997]):

- Műanyag-alapú palackok. Jelenleg is forgalmazznak már PET-palackban sört például Dániában. Ezen palackok óriási előnye, hogy súlyuk csak töredéke az üvegpalackénak, és normális körülmények között gyakorlatilag törhetetlenek (azonos sörmennyiség mellett a PET-palackos sörösrekesz össztömege 35%-kal kisebb az üvegpalackoshoz képest, ami igen jelentős megtakarítást eredményez a szállítási költségek terén). Hátránya a PET-palacknak, hogy a felülete gyorsabban kopik az üvegnél, tehát magas élettartama ellenére viszonylag kevés fordulat után esztétikai okokból selejtezni kell. Előny viszont, hogy (megfelelő szelektív gyűjtés esetén) a PET lényegesen olcsóbban recikálható az üvegnél. A legfontosabb

hátrányt az jelenti, hogy a PET (mint minden műanyag) bizonyos mértékben átveszti az oxigént. Ezáltal a sör eltarthatósága a PET-palackban lényegesen rosszabb az üveghez viszonyítva. A probléma megoldására évek óta folynak kutatások többféle műanyag palackok gyártására, ezek azonban a magas költségük miatt egyelőre távolról sem versenyképesek. A PET-palackok tömeges elterjedésének további gátja lehet a fogyasztók idegenkedése, különösen a prémium sörök piacán.

- A címkékkel kapcsolatosan évek óta téma a has- és hátcímkézés kiváltása egyetlen „körbecímkével”. Ezzel a megoldással a szükséges címkeragasztó mennyisége töredékére lenne csökkenthető, hiszen ezt a címkét csak egyetlen csíkban, önmagához kell ragasztani (a címkepapír rugalmassága lehetővé teszi, hogy csúszásmentesen, feszesen az üvegen maradjon akkor is, ha nincs az üveghez ragasztva). A legnagyobb előny ott jelentkezik, hogy ez a címke szárazon nyomtalanul eltávolítható (lekarparható) a palackról, ami a mosógép terhelését jelentősen csökkenti, és a címke hasznosíthatóságát nagy mértékben növeli. A módszer elterjedését a konzervatív marketing-filozófia mellett gátolja, hogy jelentős beruházást igényel a címkézés és a palackmosás technológiájának átalakítása miatt, és némiképp megkönnyíti a sörök hamisítását.

A palackozás anyagfelhasználását és a palackmosó lúg szerves terhelését egyaránt csökkenti, ha a címkék felragasztása a lehető legkevesebb ragasztó felhasználásával történik. Modern címkéző gépek a pont-, illetve csíkragasztás segítségével általában igen hatékonyan működnek, régebbi berendezéseknél azonban akár jelentős megtakarítási potenciál is jelentkezik. Ezügyben szintén a szállító cégek által szolgáltatott fajlagos felhasználási adatokat lehet alapul venni a lehetőségek felderítéséhez.

A palackfejtés egyik sarkalatos problémája a lánckenés. Ezen a területen szintén sokféle megoldást említ a szakirodalom, ezek közül csak néhányat emelnénk ki példaként:

- Műanyag szállítószalag alkalmazása. A hagyományos rozsdamentes láncpályákkal teljesen analóg, azok helyére további átalakítások nélkül felszerelhető műanyag láncpálya, amely (a beszámolók szerint) minden tekintetben hasonló eredményeket produkál, mint a rozsdamentes lánc. Óriási előnye, hogy semmilyen lánckenést nem igényel, tehát alkalmazásával a lánckenésre használt víz, illetve lánckenő anyag költsége teljes egészében megtakarítható.

- A lánckenés igényfüggő vezérlése. Ezalatt azt értjük, hogy a lánckenő anyag szórófejeit mágnesszelepek segítségével a pálya mozgásának függvényében nyitják, illetve zárják. Így elérhető, hogy csak a ténylegesen szükséges mennyiségű kenőanyag jut a láncre (tehát pl. a pálya leállása esetén semmi).
- A lánckenő anyag megfelelő megválasztása. Ma már nagy választékban hozzáférhető biológiailag lebomló tenzideket tartalmazó anyagok, melyek használata a szennyvízterhelések csökkentése érdekében feltétlenül ajánlott.
- A lánckenés az egyik olyan felhasználás lehet, ahol más területen keletkezett, enyhén vagy alig szennyezett vizek alkalmazhatók (pl. a fejtőüzem gépeinek sterilizálásából, illetve visszahűtéséből származó vizek).

A fejtőüzemben felhasznált szén-dioxidra vonatkozóan egyrészt vissza kell utalni a szűrésnél leírtakra, mivel azok itt analóg módon érvényesek. Külön figyelmet érdemel a CO₂-nak a használt (fáradt) palackmosó-lúg semlegesítésére történő felhasználása, mivel itt a keletkezési helyek közelsége miatt általában egyszerűen, minimális költséggel kialakítható egy ilyen rendszer. Fontos azonban két dolgot szem előtt tartani:

- Környezeti és gazdasági szempontból is lényegesen előnyösebb a szén-dioxid visszaforgatása (visszanyerése), illetve a veszteségek minimalizálása. Hibás az az érvelés, hogy „nem okoz gondot a szén-dioxid veszteség, hiszen hasznosítjuk a lúg semlegesítésére”. Ez a lehetőség csak ott javasolható, ahol a visszaforgatás műszaki vagy gazdasági korlátok miatt nem megoldható.
- A CO₂-nak semlegesítésre való használata csak addig célszerű, amíg a sörgyár egészségének pH-mérlege lúgos. Veszteség forrása lehet a használt mosólúg szén-dioxidos semlegesítése, ha ezzel a savas tartományba billen az összes szennyvíz pH-értéke, hiszen így lúg-adagolás válik szükségessé a szennyvíztisztítóban.

ENERGIAELLÁTÁS

Németországi statisztikák szerint egy sörgyár fajlagos energia-felhasználása az alábbiak szerint alakul (Manger [1997], Schu et al. [1997], Schu et al. [1998]):

Éves termelési volumen (hl/év)	100.000 – 500.000		500.000 felett	
	átlag	legjobb	Átlag	legjobb
Fajlagos hőenergia-felhasználás (MJ/hl)	160	100	110	90
Fajlagos elektromos energia felhasználás (kWh/hl)	12	9	11	7

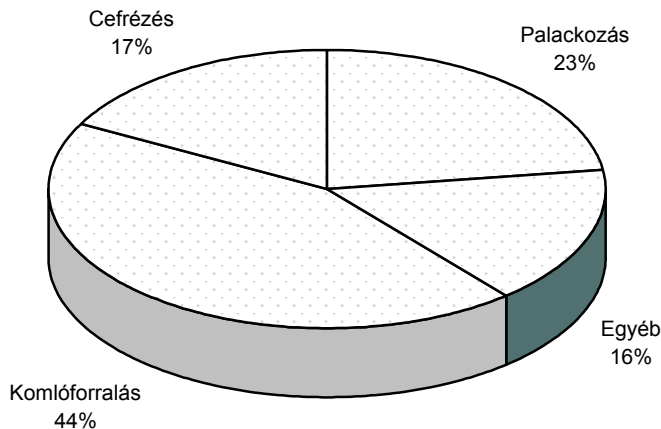
Ezek az adatok jól használhatók egy adott sörgyár esetében a működő rendszerekben rejlő optimalizálási (megtakarítási) potenciál becslésére. Általánosságban az mondható el, hogy az adott nagyságrendhez (termelési volumenhez) tartozó átlagérték elérése belátható időn belül megtérülő beruházásokkal megvalósítható. Számos esetben az átlagértékek eléréséhez nem elsősorban beruházásokra, sokkal inkább a napi gyakorlat és a tevékenységek ellenőrzésének, illetve szabályozásának olyan átgondolására és módosítására van szükség, amely a szükségtelenül keletkező veszteségek kiküszöbölésére helyezi a hangsúlyt. A legjobb értékek általában közel állnak a technológia jelenlegi színvonalán elérhető maximumhoz, amelyek általában csak jelentősebb beruházás árán érhetők el. Célszerű ezeket az értékeket távlati célként kitűzni, és lépésről lépésre ezek felé törekedni.

A megtakarítási potenciál becslésére álljon itt egy fiktív példa:

X sörgyár 700 000 hl/év termelés mellett 150 MJ/hl fajlagos hőenergia-fogyasztással működik. A hőenergia fajlagos költsége 1000 Ft/GJ (a gőz előállítási költségeivel kalkulálva). Ezek, valamint a fenti táblázat alapján kb. 25% „könnyen realizálható” megtakarítási potenciál becsülhető, amely évi 28 millió Forintot jelent. Jelentősebb beruházásokkal a megtakarítás akár 40%-ig terjedhet, ami 40 millió Forint feletti éves költségcsökkenést eredményezne.

Hőenergia

Ahogy azt korábban már említettük, a sörgyár kiemelkedően legnagyobb hőenergia-felhasználója a főzőház. Egy átlagos sörgyár hőenergia-felhasználása az alábbiak szerint oszlik el a legnagyobb fogyasztók között (Manger [1997]):



Ábra 2: A hőenergia-fogyasztás megoszlása a sörgyárban

A hőenergia-megtakarítási lehetőségek keresését értelemszerűen a legnagyobb fogyasztóknál, azaz a főzőházban érdemes kezdeni. Ezen belül a cefrőzés és a komlóforralás területe érdemel külön említést. Ezen a ponton ismét fel kell hívni a figyelmet arra, hogy az alábbiakban bemutatandó lehetőségek alkalmazásának egyes sörgyárakban technológiai vagy minőségügyi korlátai lehetnek, amelyeket minden esetben egyedileg kell feltárni és vizsgálni, jelen tanulmány keretei között ezekre nem áll mód kitérni.

A cefréléssel kapcsolatban az alábbi megfontolások vezethetnek energia-megtakarításra (Carr-Harris [1996], Delgado [1997]):

- magas becefrzési hőmérséklet (pl. 5 °C-kal magasabb hőmérséklet kb. 20% energia-megtakarítást jelent, emellett csökkenti a főzőház forróvíz-feleslegét),
- rövid cefrzési idő,
- magas cefrzési koncentráció,

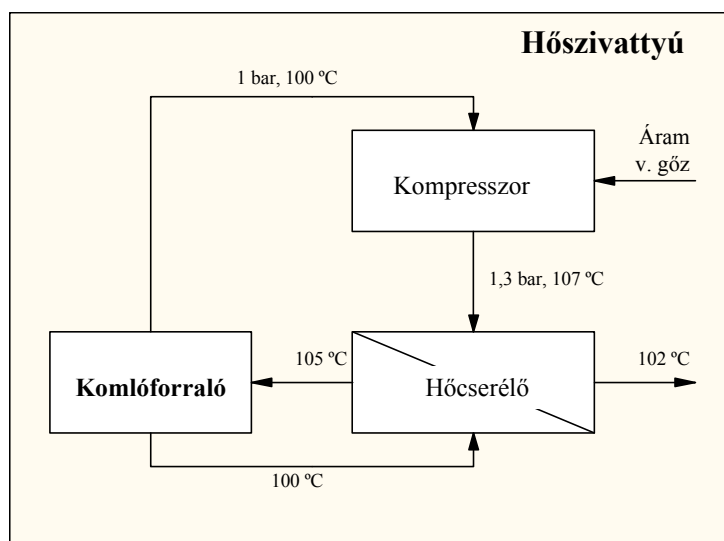
- infúziós eljárás⁴
- hővisszanyerésből származó forró víz a cefrészőüst fűtésére (részletesebben ld. később).

A komlóforralás során felhasznált hő döntő része a páragőzzel a szabadba távozik. A távozó hőmennyiség csökkenthető az elpárologtatás csökkentésével, ami azonban technológiai és minőségi korlátokat vet fel. A gyakorlatban alkalmazott módszer az enyhe túlnyomás (max. 0,2 bar) mellett történő komlóforralás, amely valamivel magasabb (102-107 °C) forrási hőmérsékletet és alacsonyabb elpárologtatást tesz lehetővé. Jelentős megtakarítást azonban csak a párával távozó hőmennyiség visszanyerésével lehet elérni (Fohr [1998], Schu [1999], Wolfseder [1998]).

Erre számos megoldás kínálkozik, melyek közül a gyakorlatban leggyakrabban az alábbiakat alkalmazzák:

- páragőz-kompresszor (hőszivattyú — amely a visszanyert hőt közvetlenül a komlóforraló fűtésére hasznosítja)
- páragőz-kondenzátor (ezen belül a keletkező forró víz hasznosításának számos lehetőségével)

A hőszivattyúval történő páragőz-hőhasznosítás egyszerűsített modelljét szemlélteti az alábbi ábra:



⁴ A dekokciós eljárás energetikailag lényegesen kedvezőtlenebb (kb. 8-10%-kal magasabb energiafelhasználás), és további problémát jelent a keletkező gőzök emissziója. Ezen problémákat részben megoldhatja egy kondenzátor, amely a hővisszanyerés mellett az emissziókat is jelentősen csökkenti.

Az ábra szerinti elrendezésben a komlóforralás során csak az üst felfűtésére szükséges gőzzel primer hőenergiát közölni, a forralás alatt a hőszivattyú látja el a fűtést (gőzfűtésre nincs szükség). A kompresszió történhet mechanikusan (csavarkompresszor) vagy termikusan (kb. 10 bar-os gőzzel).

Nagyobb méretekben a fenti megoldás csak külső hőcserélővel felszerelt komlóforralóknál valósítható meg gazdaságosan, mert a viszonylag alacsony hőmérséklet-különbség miatt jelentős hőcsere-felületre van szükség.

A hőszivattyú által felhasznált energia (áram vagy gőz) mindössze töredéke a nyert hőmennyiségnek, ezáltal a fenti megoldás (8% elpárologtatás mellett) 14-18 MJ/hl bruttó megtakarítást jelent, ami a sörgyár összes hőenergia-felhasználásának 10-15%-a (Fohr [1998]).

A fenti megtakarítással áll szemben a hőszivattyú (jelentős) beruházási és üzemeltetési (karbantartási) költsége. Németországi adatok szerint egy ilyen beruházásra 5-10 év közötti megtérülési idő prognosztizálható.

Beruházási és üzemeltetési költségeit tekintve általában olcsóbb megoldás a páragőz-kondenzáció megvalósítása. Ezzel kapcsolatosan a keletkező forró víz hasznosítása jelenti a problémát, hiszen a legtöbb sörgyár eleve melegvíz-felesleggel küzd. A hasznosítás lehetőségei között említést érdemel:

- a cefrézőüst fűtése (infúziós eljárásnál),
- a cefre előmelegítése a komlóforralás előtt,
- fűtési, illetve szociális használati célú melegvíz előállítás,
- abszorpciós hűtő üzemeltetése (részletesebben ld. a hűtéssel foglalkozó részben a 43. oldalon).

Mivel a felsorolt igények időben nem esnek egybe a páragőz-kondenzációban keletkező forró víz kínálatával, hőenergia-puffer kialakítására van szükség. Ennek számos lehetősége közül az alábbiakban a Huppmann cég által kínált hőtároló rendszert mutatjuk be röviden.

A rendszer egyetlen szigetelt víztartályból, két hőcserélőből, és a szükséges vezetékekből, illetve szivattyúkból áll (azaz igen egyszerű, és beruházási költségei is ésszerű határok közt maradnak). A rendszer vázlatos rajza az alábbi ábrán látható (forrás: Huppmann):

eloszlásából adódó szükséges puffertérfogat, stb.) a megtérülési időkre vonatkozó általános becslés nem adható.

A sörgyárak nagy része a hulladékhő hasznosításának felvetésekor ellenérvként a melegvíz-felesleg fellépésére hivatkozik⁵. Tény, hogy a hasznosítás legegyszerűbb (és legolcsóbb) módjának látszó melegvíz-előállítás gyakran vezet ahhoz a problémához, hogy nagy hőmennyiség áll rendelkezésre alacsony hőmérsékleti nívón, amely számos alkalmazási lehetőséget eleve kizár. A következőkben néhány olyan lehetőséget szeretnénk röviden megemlíteni, amelyek a fenti probléma megoldásában segíthetnek:

- Elsődleges célként azt lehet megjelölni, hogy minden hulladékhő-forrást a lehető legmagasabb hőmérsékleti nívón hasznosítsunk (a megfelelő közvetítő közeg és a hőcsere módjának megválasztásával) — erre példaként a későbbiekben a sörlelhűtéssel kapcsolatban elmondandók szolgálhatnak.
- További alapelv, hogy a hasznosítás lehetőségei közül a térben lehető legközelebb található célszerű előnyben részesíteni, mert a hőnek nagyobb távolságra történő szállítása jelentős veszteségekkel járhat.
- Mivel a hulladékhő keletkezése és a felhasználói igény időben gyakran nem esik egybe, általában kisebb-nagyobb mértékű pufferolás szükséges. Ez jól szigetelt tartályban meleg-, illetve forróvíz formájában viszonylag kis veszteséggel megoldható, magasabb hőmérsékleti nívón azonban általában gondot jelent.
- A hasznosítás lehetőségei között feltétlenül említést érdemel a hőszivattyúk alkalmazása, melyek segítségével az alacsony hőmérsékleti nívón rendelkezésre álló hőforrások magasabb hőmérsékleti igényű felhasználók ellátására is alkalmassá válhatnak. Erre példaként visszautalunk a páragőz-kompresszorral kapcsolatosan leírtakra.
- Későbbiekben még részletesen szólnunk az abszorpciós hűtők alkalmazásának lehetőségéről, amely szintén jó lehetőséget kínál a hulladékhő hasznosítására.
- Az egyik leggyakrabban előforduló hasznosítási lehetőség a hulladékhő fűtési célú felhasználása. Előnye, hogy viszonylag alacsony hőmérsékleti nívó is elegendő

⁵ Tanácsadóként a magam részéről ezt az érvet elfogadhatatlannak tartom mindaddig, amíg az adott sörgyárban primer energiát használnak egyes folyamatok hőigényének fedezésére.

(pl. 50 °C körüli melegvíz már kiválóan alkalmas), hátránya, hogy az évnek csak egy szűk részében (kb. 2000 óra évente) jelentkezik az igény.

- Kedvezőbb, mégis ritkábban használt lehetőség a szociális használati melegvíz előállítása. Hátránya, hogy az igény nagyságrendekkel kisebb a sörgyárban keletkező hulladék hő mennyiségénél, valamint hogy a felhasználás folyamatosságának hiányában gyakorlatilag megoldhatatlan a nagyobb távolságok áthidalása (a vezetékben lehűlő vízmennyiség kifolyatása miatt magas veszteségek keletkeznek, és nem biztosítható az elvárt komfort sem).
- További hasznosítási lehetőség lehet a hővisszanyeréssel felmelegített víz közvetlen hasznosítása pl. mosóvízként, CIP-oldatok készítésére, stb.
- A hővisszanyerés, illetve hulladékhő-hasznosítás lehetőségeinek ideális kihasználásához, a leggazdaságosabb hőenergia-integráció megvalósításához komoly segítséget nyújthat az ún. pinch-technológia, melynek segítségével az üzem belüli hűtési és fűtési folyamatok összekapcsolhatók úgy, hogy a primer hűtési és fűtési energiaszükséglet minimálisra csökkenthető. A pinch-technológián alapuló felmérés, illetve elemzés elvégzését az ezzel foglalkozó szakkégek kínálják.

A hőveszteségek igen jelentős része keletkezik a szigetelések hiányosságai miatt. Ez igaz az épületek, és a tartályok és csővezetékek szigetelésére is. Előbbivel a raktározás, illetve a szociális területek tárgyalásánál foglalkozunk, utóbbiról az alábbiakban szólnak röviden. A szigeteletlen csővezetékek, illetve tartályok által okozott hőveszteségek durva becslésére a következő táblázatok szolgálhatnak segítségül (forrás: Stenum)

Szigeteletlen csővezetéken keletkező hőveszteség beltérben			
Csőátmérő:	40	100	400
Hőmérsékletkülönbség ⁶ (°C)	Hőveszteség W/m (csőhossz)		
50	-	190	650
60	100	230	800
80	150	320	1200
100	200	450	1700
200	550	1300	4500

⁶ a vezetéken, illetve tartályon belüli médium és a helység levegőjének hőmérséklete közti különbség

Szigeteletlen felületen (pl. tartály) keletkező hőveszteség beltérben	
Hőmérsékletkülönbség (°C)	Hőveszteség W/m ² (felület)
50	650
60	800
80	1200
100	1700
200	4300

A szigeteletlenségekből eredő veszteségek vizsgálatokor nem szabad elfeledkezni az armatúrák és szerelvények veszteségeiről. A legtöbb esetben ezek nem szigeteltek (még ott sem, ahol a vezetékek szigeteltek). Durva becslésként azt mondhatjuk, hogy az itt keletkező veszteségek az azonos csőhosszra becsült veszteség 3-4-szeresét is elérhetik, tehát az armatúrák szigetelésére külön figyelmet érdemes fordítani. Gyakorlatilag bármilyen típusú és méretű armatúrára, illetve szerelvényre kaphatók könnyen és gyorsan bontható és újra felszerelhető speciális szigetelések, melyek használata feltétlenül ajánlott.

A sörgyárak zöme saját gőzkazánnal fedezi hőenergia-szükségletét. A kazánok üzemeltetésével kapcsolatos legfontosabb paraméter azok hatásfoka. Modern, jó állapotban lévő kazánok esetén ez az érték 80-95% között mozog. Az alsó és felső érték közötti különbség a kazán mérete mellett alapvetően két faktortól függ:

- az égőfejek beállított levegőfelesleg értékétől, pontosabban ennek szabályozásától (itt kb. 3-5% hatásfok-javulás érhető el a katalizátoros autókban alkalmazott lambda-szondákkal analóg szabályzórendszerrel, melyek a kilépő füstgáz oxigéntartalmának mérése alapján folyamatosan az ideális értéken tartják a levegőfelesleget)
- a füstgázzal távozó hőmennyiség hasznosításától (az erre a célra használt hőcserélőknek, az ún. „economizer”-eknek két fajtája van: az egyik az égőfejel táplevegőjét, a másik a kazán tápvizét melegíti elő) — ezek alkalmazásával a hatásfok 4-6%-kal javítható

Mindkét megoldást elsősorban nagyobb kazánok esetén alkalmazzák, mert beruházásuk költségei ott térülnek meg belátható időn belül. Lényegesen kisebb, de számottevő megtakarítás érhető el egy apró és egyszerű megoldással: ha a kazán

táplevegőjét nem a kültérből vagy a padlósínt közeléből, hanem a kazánház légtéréből, a tető közeléből szívják, ahol a levegő jó néhány fokkal melegebb.

Jelentős hőveszteség forrása lehet a gőz-, illetve kondenzrendszer. A szigeteteletlenségből eredő veszteségeken túl számottevő lehet a vissza nem térő kondenzvíz által okozott veszteség. A gyakorlatban nem ritka, hogy a kondenzmennyiségnek csak 60-70%-a tér vissza a kazánházba. Ez egyfelől vízveszteséget jelent, amit drágán előállított (lágylított, sótalanított) póttápvízzel kell pótolni, másrészt hőveszteséget okoz, mivel a 80 °C körüli kondenzvíz helyett 15-20 °C-os póttápvíz kell felforralni a kazánban. A kondenzrendszer vesztesége esetenként az összes felhasznált hőmennyiség 20-25%-át is kiteheti.

Példa: egyik hazai sörgyárunkban a kondenzveszteség anyagi vonzatait vizsgálva évi 4 millió Forint nagyságrendű veszteséget tártunk fel, átlagosnál jobbnak mondható, 80%-os kondenz-visszatérés mellett is.

A kondenzrendszer veszteségének egyik gyakori forrása az atmoszférikus nyomásra történő expanzióval valamint a termikus gáztalanítás során keletkező sarjúgőz. Ennek kiküszöbölésére zárt kondenzrendszerek is léteznek, a régebbi rendszerek azonban ilyen módon nem üzemeltethetők. Az itt óhatatlanul távozó gőz hőmennyisége például fűtési célra, vagy a póttápvíz előmelegítésére hasznosítható.

A hőelosztás veszteségeinek csökkentését szolgálhatja a hőellátás decentralizálása. Erre a célra ma már kitűnő adottságokkal rendelkező ún. gyorsgőzfejlesztők kaphatók. Ezek a többségében földgáztüzelésű, speciális kazánok két fontos követelménynek felelnek meg:

- nagy rugalmassággal, néhány másodperc alatt képesek a pillanatnyi felhasználói igényekre reagálni, és a kívánt mennyiségű és nyomású gőzt biztosítani
- igen széles terhelési tartományban (általában a névleges teljesítmény 20-100%-a között) képesek az optimálisához közeli (94-96%-os) hatásfokkal üzemelni

Minden olyan felhasználó esetében, amelynek a központi kazánról történő ellátása a nagy szállítási távolság vagy a szélsőségesen ingadozó igények miatt rossz hatásfokkal volna csak biztosítható, rövid időn belül megtérülő beruházás lehet az ilyen berendezések felállítása. (Ezek a berendezések olyan önálló blokkokként készülnek, amelyek bárhol, viszonylag kis helyigénnyel felállíthatók, nem igényelnek kazánházat.)

Nem csak a decentralis hőellátásnál, hanem központi kazánház esetén is növelhető a hatékonyság több kisebb, a felhasználói igények alakulásához optimálisan méretezett kazánnal. Ezek megfelelő kombinációjával elérhető, hogy a jellemző terhelési szinteken a kazánok a névleges teljesítményükhöz közeli terheléssel, azaz közel maximális hatásfokkal üzemelnek. A több kazán telepítése ugyan egyszeri nagyobb beruházási költséget jelent, de a jobb hatásfok révén hamar megtérülhet. Feltétlenül ajánlott új beruházások előkészítésekor, vagy nagyobb lélegzetű felújítások során ezt a lehetőséget is szem előtt tartani.

Feltehetően az egyik legnagyobb megtakarítási potenciált a sörgyár energiaellátásában a kogeneráció (kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés) megvalósítása jelenti. Ezt legegyszerűbben úgynevezett blokk-fűtőerőművek alkalmazásával lehet megoldani. Ezek a berendezések földgáz (esetleg biogáz) tüzelésű gázmotorok (a régebbiek gázturbinák), melyek a felhasznált primer energiát villamos és hőenergiává alakítják (általában 1:1,25 — 1:1,8 közötti arányban, amely éppen megfelel egy sörgyár igényeinek) (Picker [1997]).

Az alábbi táblázat a hagyományos energia-átalakítás és a kogeneráció hatásfokának összehasonlítását mutatja (forrás: Jenbacher):

összes felhasznált primer energia	átalakítás hatásfoka	termelt hasznos energia	összes veszteség	megtakarítás
4,33 kWh (pl. földgáz)	erőmű: 35%	1 kWh áram	2,08 kWh (48%)	–
2,65 kWh (pl. földgáz)	fűtőkazán: 85%	1,25 kWh hő		
2,65 kWh (pl. földgáz)	blokk-fűtőerőmű: 85%	1 kWh áram 1,25 kWh hő	0,4 kWh (15%)	1,68 kWh (39%)

A táblázat adataiból egyértelműen kitűnik, hogy a blokk-fűtőerőmű lényegesen jobb energetikai hatásfokot képes elérni. Ezáltal jelentősen csökkenthetők a primerenergia költségei. A gazdaságossági számításokban ezzel szemben a berendezés beruházási és üzemeltetési költségei állnak. A beruházási költséget alapvetően a berendezés mérete határozza meg, átlagosan 150-200 eFt/kWh (elektromos teljesítmény) összköltséggel lehet számolni (maga a gázmotor ennek kb. a fele).

A szakirodalom ajánlásai egyértelműen arra mutatnak, hogy az ilyen berendezés méretezésekor nem célszerű a csúcsterhelés fedezését célul tűzni. A gazdasági optimumot általában az jelenti, ha a blokk-fűtőerőmű az alapterhelést fedezi (ezáltal évente legalább 4000 hasznos üzemórát ér el), míg a csúcsterhelések fedezése vásárolt elektromos árammal, illetve gyors-gőzfejlesztőkkel történik. Ezen feltételek teljesülése esetén a szállítók 3-4 éves megtérülési időt jósolnak egy ilyen beruházásra (más források gyakorlati tapasztalatok alapján 4-7 éves megtérülési időt prognosztizálnak, kevésbé modern, rosszabb hatásfokú berendezésekkel).

A blokk-fűtőerőművek alkalmazása még hatékonyabbá válik, ha egy átfogó hő- és hidegenergia-integráció részeként vetik be őket. Egy ilyen koncepció a kogeneráció mellett az abszorpciós hűtést (ld. később), a különböző hulladékhő-források hatékony hasznosítását (pl. páragőz, hűtőaggregátok, stb.), és magas szintű terhelés-menedzsment működtetését feltételezi. Egy ilyen koncepció kialakítása csak a helyi viszonyok és adottságok pontos ismeretében lehetséges, és igen magas szintű, speciális know-how-t igényel. Nagyobb sörgyárak számára feltétlenül javaslom, hogy vegyék igénybe az ezzel foglalkozó szakcégek szolgáltatásait (különösen akkor, ha energetikai területen felújításra, kapacitásbővítésre vagy átalakításra készülnek).

Igen jelentős potenciál rejlik a blokk-fűtőerőművek biogázzal történő üzemeltetésében. A sörgyár hulladékaiból előállítható biogáz mennyiség ilyen módon hasznosítva a teljes energia-igény jelentős részét fedezheti, azaz a külső energiaszolgáltatás igénybevétele töredékére csökkenthető (a sörgyár energetikailag jórészt önellátóvá válhat). Erről részletesebben a szennyvízkezeléssel foglalkozó fejezetben szólunk.

Környezeti szempontból igen kívánatos lenne, a fosszilis energiahordozók helyett megújuló erőforrások használata. Ezek zöme ma még gazdaságilag nem versenyképes, azonban rohamos fejlődés tapasztalható ezen a területen, amely a korábbi évekhez képest töredékére csökkentette az árkülönbséget a hagyományos energiahordozókhoz képest. A biogáz alkalmazásának lehetőségét részben már említettük, erről még részletesen szólunk a szennyvíztisztítás tárgyalásánál.

Egy napjainkban egyre inkább versenyképessé váló alternatívát jelent a napenergia hasznosítása fűtésre, illetve használati melegvíz előállítására. Hazánk a napsütéses órák éves számát tekintve napenergiával közepesen ellátott területnek számít, tehát a napenergia alkalmazása általában hagyományos fűtési módokkal kombinálva, azok kiegészítéseként jöhet szóba. Miután a napkollektorok üzemeltetése minimális

üzemeltetési, illetve karbantartási költséggel megoldható, a gazdaságossági számításokban a gyakorlatilag ingyen nyerhető hőmennyiség áll szemben a beruházási költségekkel. Hazai forgalmazóktól származó adatok alapján jelenleg egy négyzetméter kollektorfelület kb. 50.000,- Ft-ba kerül, és max. 500-700 W fűtőteljesítményt szolgáltat. A legújabb fejlesztésű kollektorok igen jó hatásfokkal képesek a szórt fényt is hasznosítani, ezzel a téli időszakban is megfelelő hőmennyiséget szolgáltatnak. Ha ezek is elérhető árban hozzáférhetőkké válnak, megoldhatják a napenergia hasznosításának legnagyobb problémáját: a napsütés maximuma (nyár) és a fűtésigény maximuma (tél) közötti időbeli különbséget. Használati melegvíz előállítására a ma már elfogadható árú, egyszerűbb kollektorok feltétlenül versenyképes alternatívát jelentenek.

Villamos energia

A villamosenergia hatékony felhasználásának legegyszerűbb módját a felesleges felhasználások kiküszöbölése, és az energiatakarékos fogyasztók alkalmazása jelenti. Erre az egyes területek elektromos fogyasztóinak tárgyalásánál számos példát említettem, illetve említek a továbbiakban. Itt csak néhány alapvető lehetőség felsorolására szorítkozom összefoglalásul:

- Jellemző felesleges fogyasztásokat jelentenek például a gépek és berendezések üresjáratai, a csőhálózatok (pl. sűrített levegő) szivárgási veszteségei, azon területek világítása, ahol éppen nem tartózkodik senki, vagy a szükségesnél erősebb megvilágítás, a klímaberendezések esetében túlhűtés.
- Veszteségek jelentkeznek a túldimenzionált berendezések alacsony terhelés melletti üzemeltetésekor.
- Jelentős megtakarítás érhető el energiatakarékos fogyasztók (pl. kompakt-fénycsövek, energia-menedzsmenttel rendelkező számítógépek, stb.) használatával.
- A pumpák, szivattyúk, kompresszorok fordulatszám-szabályozása szintén jelentős megtakarítást jelent az egyéb szabályozási módokhoz (fojtás, bypass) képest.

Ezen a területen további megtakarítások érhetők el a csúcsterhelések tudatos csökkentésével, az ún. terhelés-menedzsment alkalmazásával. Ennek eszközei lehetnek:

- a terhelési csúcsok automatikus figyelése, a lekötött teljesítmény megközelítéskor jelzésadás
- manuális vagy automatikus beavatkozás a lekötött teljesítmény túllépésének elkerülésére (ennek feltétele, hogy egyes fogyasztók ezekben az időszakokban — rövid időre — leállíthatók legyenek; ilyen fogyasztó lehet például a hűtés, ha kellő pufferkapacitással rendelkezik, egyes szellőzések, stb.)
- a termelési és kiszolgáló folyamatok tervezése (időbeli ütemezése) úgy, hogy a legnagyobb fogyasztók időben eltolva működjenek (ez a tevékenységes bizonyos mértékű rugalmasságát feltételezi)
- nagy villamos fogyasztók pufferkapacitásának növelése (pl. hidegenergia-puffer) — ezáltal elérhető, hogy ezek a rendszerek olyan időszakokban üzemeljenek, amikor más fogyasztók terhelése minimális, illetve olcsóbb a villamos energia (pl. éjszaka)

A fenti megoldásokkal „ellapíthatók” a terhelési csúcsok, és kiszámíthatóbbá válik a terhelés időbeli alakulása. Ezáltal jobban tervezhető a lekötendő teljesítmény, és minimális ráhagyással is biztonságos üzemelés érhető el anélkül, hogy a lekötött teljesítmény túllépése miatt többletdíjat kellene fizetni. Ezekkel a megoldásokkal nem ritkán 20% nagyságrendű energiaköltség-megtakarítás érhető el. A terhelés-menedzsmentet segítő eszközök beruházása gyakran néhány hónap alatt megtérül.

Hűtés

A hőenergia tárgyalásánál a szigetelésekkel kapcsolatosan elmondottak a hidegenergia esetében is érvényesek. (Az ott bemutatottakhoz hasonló egyszerű segédleteket a veszteségek becslésére a hidegenergia esetében nem sikerült találnom.) Ezzel a témával már részletesebben foglalkoztam az erjesztés tárgyalásánál a 13. oldalon.

A hűtőrendszerek hatásfoka, és ezáltal a felhasznált energia mennyisége igen jelentősen függ az üzemeltetés körülményeitől és a szabályozás jóságától. A lehetőségek határain belül törekedni kell a lehető legalacsonyabb kondenzációs és a lehető legmagasabb elpárologtatási hőmérséklet elérésére. A kondenzációs hőmérséklet 1 °C-os csökkentése kb. 2,5%, az elpárologtatási hőmérséklet 1 °C-os emelése kb. 3% energia-megtakarítást jelent (Hackensellner [1997]).

Jelentős (5-10% körüli) megtakarítás érhető el a kondenzátum túlhűtésével. Ilyen berendezés beruházása általában rövid idő alatt megtérül.

Komoly veszteségi forrás lehet a hűtőkörbe jutó levegő, amely a szükséges kompressziós munkát növeli. Ennek kivédésére automatikus levegőztető szelepek alkalmazhatók, melyek beruházása szintén ajánlott, hisz megtérülési idejük rövid.

Környezeti szempontból említést érdemel még a hűtőközeg kérdése. A söriparban ma leginkább ammóniát használnak primer hűtőközeggént, amely veszélyessége ellenére a leginkább környezetbarát alternatívának tekinthető. Az ammóniaszag észlelési küszöbe igen alacsony, ezért a szivárgások könnyen észlelhetők. Az ammóniaveszteségek minimalizálása gazdasági és környezeti okok mellett munkavédelmi és biztonsági szempontból is igen fontos (az ammónia erősen mérgező, levegővel keveredve robbanásveszélyes).

Néhány régebbi hűtőrendszer freonos hűtőközeggel üzemel. Ezek közül feltétlenül kerülni kell az ózonkárosító volta miatt ma már tiltott R12-t. Ezen berendezésekben jelenleg leggyakrabban R22 vagy R143a jelű hűtőközeget alkalmaznak, melyek közül az utóbbi tekinthető kevésbé károsnak. A szakemberek egybehangzó véleménye szerint ezen berendezésekben a hűtőközeget cserélni nem érdemes. Fontos viszont, hogy a berendezések esetleges selejtezésekor a bennük lévő hűtőközeget szakszerűen lefejtsék és engedélyezett módon ártalmatlanítsák.

A hidegenergia-felhasználók közül a legjelentősebb megtakarítási potenciált általában a sörléhűtés jelenti. Ezzel kapcsolatosan két fő szempontot kell kiemelni:

- a forró sörlé hőtartalmának minél teljesebb kihasználását (azaz minél kisebb mennyiségű, minél forróbb sörfőzővíz nyerését),
- valamint a rövid idejű, intenzív hűtés miatt fellépő terhelési csúcs kezelését.

Előbbihez nagyon fontos, hogy a sörlé hőveszteség nélkül jusson el a hőcserélőig,, illetve a forró sörfőzővíz ugyanígy hőveszteség nélkül jusson vissza a főzőházba. Mivel a sörlé hűtését végző lemezes hőcserélő a legtöbb sörgyárban közvetlenül a főzőházban található, ez általában nem okoz problémát. Különös figyelmet azoknál a sörgyáraknál kell erre a témára fordítani, ahol a lemezes hőcserélő a főzőháztól viszonylag távol (pl. az erjesztőknél) található, és így a forró sörlét vezetéken nagyobb távolságra kell szállítani (esetleg akár épületen kívül) (Manger [1997]).

Példa: ha a sörlé a komlóforraló és a lemezes hőcserélő között pl. 98 °C-ról 94 °C-ra hűl le, ez kb. 1,7 MJ/hl hőveszteséget jelent. Ez pl. 700 000 hl/év termelés mellett évi 1,2 mio Ft veszteség (1000 Ft/GJ hőenergia-költséggel számolva).

Ezen veszteség csökkentésére két lehetőség kínálkozik:

- a szigetelés felülvizsgálata és szükség szerint javítása, amely kevésbé költséges, de csak részleges javulást fog jelenteni;
- a lemezes hőcserélő „átköltöztetése” a főzőházba, amely feltehetően nagyságrendileg csökkentené a veszteséget, ám de minden bizonnyal költségesebb, és műszaki, illetve technológiai akadályokba ütközhet.

Rendkívül fontos a lemezes hőcserélő megfelelő méretezése, és jól szabályozott üzemeltetése. Az alulméretezett hőcsere-felület, vagy a rosszul szabályozott üzem gyakran vezet ahhoz a problémához, hogy a hőcserélőn nagy mennyiségű, alacsonyabb hőmérsékletű sörfőzővíz keletkezik, amely egyrészt rontja a fajlagos hőenergia-felhasználás mutatóját (hiszen a cefrőzéskor nagyobb hőigény jelentkezik), és bizonyosan melegvíz-felesleget fog jelenteni (amit a sörgyárak sajnos gyakran egyszerűen csatornára engednek — ezzel romlik a vízfajlagos, és nő a szennyvíz mennyisége és hőterhelése). Szintén fontos a lemezes hőcserélőn esetlegesen keletkező lerakódások megakadályozása, illetve alapos eltávolítása. Ezek a hőcsere hatásfokának rontásán keresztül ugyanolyan hatást váltanak ki, mint a szűkre szabott hőcsere-felület.

A hidegenergia-terhelési csúcs jelentkezése ellen a megoldást egy hidegenergia-puffer (pl. jeges víz vagy jégakkumulátor) jelentheti, amely egyben a kedvezőbb, egylépcsős sörléhűtésre való áttérést is lehetővé teszi⁷. Ezzel kapcsolatosan az alábbi szempontok figyelembevételét javaslom:

- A puffer kialakításakor (méretezésekor) a hűtőkompresszor egyenletes terhelése és a tárolás során óhatatlanul jelentkező veszteségek közötti optimum megtalálása a cél.
- A költségek csökkentésének egyik lehetősége olyan puffer kialakítása, amelyet a kompresszor éjszaka (az olcsóbb tarifájú árammal) fel tud tölteni, és egész napra biztosítani képes a lemezes hőcserélő ellátását.

⁷ A szakirodalom szerint az egylépcsős és kétlépcsős sörléhűtés fajlagos energiaigénye gyakorlatilag azonos, különbséget a szükséges hűtőteljesítmény jelent, amely az egylépcsős hűtés esetén csupán fele-harmada a kétlépcsős hűtés esetén szükségesnek.

- Amennyiben helyileg kellően közel található, a CO₂-elpárolgató „rá tud segíteni” a hidegenergia-puffer hűtésére.

A hűtőaggregátok hulladék hője az egyik jellemző hulladékhő-forrás, amelynek hasznosításával jelentős energia-megtakarítás érhető el. Erre példa lehet a széndioxid-rendszer, ahol a cseppfolyósításhoz szükséges hűtés hulladék-hője az elpárolgató fűtésére fordítható.

Példa: 1000 kW hűtőteljesítményhez kb. 300 kW elektromos teljesítmény szükséges. Az elméletileg hasznosítható hulladék hő ebben az esetben 1300 kW.

Korábban már említettem az abszorpciós hűtők alkalmazásának lehetőségét. Ezek óriási előnye a kompresszoros hűtőkhöz viszonyítva, hogy működésükhöz nem elektromos energiára, hanem hőenergiára van szükség. A sörgyárban számos helyen keletkezik olyan hulladék hő, amely abszorpciós hűtő üzemeltetésére alkalmas. További előny, hogy a legnagyobb hulladékhő-mennyiség éppen akkor áll rendelkezésre a sörgyárban, amikor a legnagyobb hűtési igény fellép (nyáron, szezonban). A legelterjedtebb, lítium-bromid hűtőközegű abszorpciós berendezések 80-90 °C-os hőforrás (pl. komlóforraló páragőz-kondenzátor) használatával 3-5 °C-os hűtőközeg előállítására képesek. Ezzel pl. a sörlé hűtése megoldható (kb. 7-8 °C-ig).

A vonatkozó számítások szerint a komlóforraló páragőzének hasznosításával egy ilyen berendezés a teljes sörléhűtés ellátására elegendő hidegenergiát képes szolgáltatni (hidegenergia-puffer közbeiktatásával). Ezáltal a sörléhűtés teljesen leválasztható a központi (kompresszoros) hűtőkörrel, ami a hűtési energiafelhasználás kb. 30%-os csökkenését eredményezi. Az abszorpciós hűtők igen előnyösen alkalmazhatók blokk-fűtőerőművekkel kombinálva — ahogy azt korábban már említettem.

A jelenlegi abszorpciós technológiák az erjesztők hűtéséhez szükséges -2 - -4 °C-os hőmérsékletet nem képesek biztosítani, tehát a kompresszoros hűtést teljesen nem tudják kiváltani.

Sűrített levegő

A sűrített levegő hálózatokban keletkező veszteségek jellemző okai:

- tömítetlenségekből eredő szivárgások
- rosszul záró szelepek

- a szükségesnél magasabb hálózati nyomás (amely a fenti okokból keletkező veszteségeket közel exponenciálisan növeli)

A hálózat veszteségei viszonylag pontosan megmérhetők azokban az időszakokban, amikor nincs vagy minimális a levegő-felhasználás. Ezekben az időszakokban a teljes kompressziós munka a veszteségek fedezésére fordítódik. Az ilyen módon megmért veszteségek nagyságrendje (részarányát és költségeit figyelembe véve) határozza meg a lehetséges, illetve szükséges teendőket a rendszer hatékonyságának javítására. A legtöbb esetben megtakarítás érhető el a szivárgási pontok feltárásával és kiküszöbölésével, a használaton kívüli szakaszok kizárásával, valamint a hálózati nyomásnak a szükséges minimumra csökkentésével.

További energia-megtakarítást jelenthet a kompresszorok által beszívott levegő előhűtése (egyszerűbb esetben lehetőleg hideg levegő beszívása), vagy a kompressziós lépések közötti közbenső hűtés (ami a modernebb kompresszorokon eleve ki van építve). A kompresszorok szintén jelentős hulladékhő-források, melynek hasznosítására a korábban említett lehetőségek állnak rendelkezésre.

VÍZELLÁTÁS, VÍZFELHASZNÁLÁS

Az energiafelhasználáshoz hasonlóan a fajlagos vízfelhasználás is lehetőséget ad a megtakarítási potenciálok durva (nagyságrendi) becslésére. Összehasonlító adatként ismét a német sörgyárak statisztikai adatai szolgálhatnak az alábbi táblázat szerint (Schu [1997], Schu [1998]).

Éves termelési volumen (hl/év)	100 000 - 500 000		500 000 felett	
	átlag	legjobb	átlag	legjobb
Fajlagos vízfelhasználás (hl/hl)	6,7	4,4	5,0	3,9

A víztakarékossági lehetőségek feltárásához feltétlenül szükséges az egyes fogyasztók vízfelhasználásának pontos ismerete. Ez vízórák felszerelésével általában egyszerűen megoldható. A néhány tízezer Forintos költség gyakran néhány hónap alatt megtérül. Kisebb fogyasztók esetén gyakran vízóra nélkül is viszonylag pontosan számítható vagy becsülhető a vízfelhasználás.

Számos víztakarékossági lehetőségről részletesen szoltam már a korábbiakban. Itt ismét csak áttekintő összefoglalás gyanánt sorolok fel néhány általános veszteségi forrást és kiküszöbölésük lehetőségeit:

- Gyakori vízveszteséget jelentenek a nyílt vizes hűtések. Zárt hűtőkörök kialakításával, esetleg hűtőaggregátok alkalmazásával ezek vízfelhasználása minimálisra csökkenthető, egyben lehetőség nyílik a hűtés során elvont hő hasznosítására.
- Szintén gyakori veszteségi forrás a vízvezetékhalózat (különösen föld alatti vezetékek) szivárgási vesztesége. Ez a fogyasztások pontos mérésével felderíthető, és feltétlenül sürgősen kiküszöbölendő.
- Számos vízhasználat során keletkezik olyan enyhén vagy egyáltalán nem szennyezett víz, melynek másodlagos hasznosítása lehetséges. Erre példa a fejőüzemeknél említett sterilizáló, illetve hűtővíz, vagy a palackmosó, illetve CIP öblítővizek kaszkád hasznosítása.
- A palackmosó lúg és a CIP-oldatok visszaforgatása, illetve regenerálása szintén jelentős víz-megtakarítást jelenthet.

- A megfelelő hőenergia-integráció (hővisszanyerés, illetve hasznosítás) megvalósításával elkerülhető a melegvíz-felesleg keletkezése, illetve csatornára engedése.
- Költség-megtakarítás érhető el azáltal, ha minden célra a lehető legolcsóbb, a felhasználás minőségi igényeit kielégítő vízminőséget használunk. (Pl. egyes tisztítási feladatokra ipari víz vagy tisztítatlan kútvíz használható ivóvíz vagy kezelt víz helyett). Adott esetben akár a csapadékvíz felfogása és hasznosítása is alternatíva lehet, ha jelentősebb beruházás nélkül megvalósítható az önálló vezetékrendszeren történő elosztása.
- Egyes feladatok, amelyekre ma sok sörgyár vizet használ, más módon („szárazon”) is megoldhatók, pl. levegő vagy CO₂ alkalmazásával. Ilyen lehet például a törköly kihordása, vagy az új göngyölegek tisztítása első használat előtt.

A takarítás, tisztítás területén, illetve a szociális célokra történő vízfelhasználások csökkentésére is számos lehetőség kínálkozik:

- automatikus zárószelepek (szórópisztolyok, mágnesszelepek, stb.) alkalmazása
- víztakarékos szórófejek, illetve szelepek, nagynyomású tisztítók használata
- tömlőátmérők csökkentése
- hálózati víznyomás csökkentése
- mechanikus tisztítás (pl. kefék) használata
- munkatársak képzése, tudatformálása (pl. vízcsapok elzárása használat után)

Példa: 8 bar-os hálózati nyomás esetén 1L"-os tömlőn 30 l/s, l"-os tömlőn 13 l/s víz távozik. A tömlőátmérő csökkentésével percenként kb. 1 m³ (pontosan 1020 l) víz takarítható meg. A hálózati nyomás 8 bar-ról 3 bar-ra csökkentésével a kifolyás 7 l/s-ra csökken (l"-os tömlőn). Ez percenként további 360 l vízmegtakarítást jelent.

A vízellátás egyik sarkalatos kérdése a vízelőkészítés, illetve vízlágyítás területe. A sörgyárak jellemzően többféle vízminőséget igényelnek: meghatározott keménységű és ionösszetételű sörfőzővizet, lágyított, illetve sótalanított kazán-tápvizet, számos alkalmazáshoz ivóvizet, egyes technológiai felhasználásokhoz ipari vizet. A vízelőkészítés ma még legelterjedtebb módja a különböző szűrések utáni ioncserés vízlágyítás, illetve sótalanítás. Ennek a módszernek hátránya, hogy a gyanták regenerálása jelentős vegyszerfelhasználást okoz, és magas sótartalmú, savas szennyvizet termel. Az utóbbi időben rohamosan terjed a fordított ozmózis elvén működő vízelőkészítés, melynek óriási előnye, hogy vegyszerfelhasználása az

ioncseréhez képest elhanyagolható, és igen nagy fokú tisztítást és sótelenítést (azaz szinte bármilyen célra megfelelő vízminőséget) ér el. Hátránya a viszonylag magas energiaigény, és az esetenként jelentős (akár 10-20%-os) vízveszteség. Környezeti és gazdasági szempontból ennek ellenére egyaránt javasolható, beruházása általában néhány éven belül megtérül (Chmiel [1997], Glas [1997]).

Az ioncserés vízlágyítás során keletkező savas regenerátum a lúgos szennyvizek semlegesítésére használható, figyelembe véve a későbbiekben tárgyalandó pH-egyensúly fenntartását.

TISZTÍTÁS, FERTŐTLENÍTÉS (CIP)

A CIP-rendszerekkel kapcsolatosan említést érdemel a vízfelhasználásuk, illetve ennek veszteségei, a vegyszerfelhasználás és veszteségei, valamint a használt vegyszerek szennyvízbe kerülése által okozott környezetterhelés (Cmiel [1997], Glas [1998]).

Mindhárom szempontból elsődleges szempont a rendszerek zárása, a CIP-oldatok minél nagyobb arányú visszaforgatása. Ennek érdekében az alábbiak javasolhatók:

- a CIP-oldatok zárt körforgalomban vezetése, többszöri felhasználása a szennyeződések kiülepítése és a koncentrációk beállítása („újraélesztés”) után
- a CIP-vegyszerek szükségtelen túladagolásának elkerülése, esetleg a mechanikai tisztítás lehetőségeinek kihasználása (pl. kefe, nagynyomású tisztítás, stb.)
- az enyhén szennyezett öblítővizek felfogása és felhasználása előöblítésre a következő körben (kaszád hasznosítás)
- a CIP-oldatok folyamatos tisztítása, illetve regenerálása nanoszűrővel (ezen a területen ígéretes, intenzív kutatások folynak, ám a kidolgozott eljárások egyenlőre még pilot-stádiumban vannak)

Korábban már szóltam egy gyakori veszteségi pontról, a nyomótankok lúgos CIP-eléséről. Mivel a tankokban lévő CO₂ a lúggal reagál és elnyelődik, ez szén-dioxid-veszteséget jelent. Emellett az ilyen módon elkarbonátosodott lúg már nem használható újra, tehát azonnal szennyvízbe engedik, ami lúg- és vízveszteséget okoz. A gyakorlat azt bizonyítja, hogy a nyomótankok kizárólag savas CIP-elésével is megfelelő tisztítási eredmények érhetők el, tehát feltétlenül kerülendő ezen a területen a lúgos CIP alkalmazása.

A CIP-rendszerek kapcsán környezeti szempontból jelentős kérdés a felhasznált vegyszerek, ezen belül is elsősorban a fertőtlenítőszeres és adalékok megválasztása. Általánosan elfogadottnak mondható, hogy a klórozott (általában halogénezett) fertőtlenítőszeres helyett peroxidos alternatívák (hidrogén-peroxid, perecetsav), szerves savak helyett szerves savak, és biológiailag minél nagyobb mértékben lebomló tenzidok, illetve egyéb adalékok alkalmazására kell törekedni. A megfelelő vegyszerek kiválasztása természetesen a technológia és a helyi adottságok függvénye is, ezért javasolható a szállító szakcégek állásfoglalásainak kikérése, és az új vegyszerek üzemi kísérletekben való kipróbálása (Glas [1998]).

További lényeges szempont a telephely egészére nézve a kiegyenlített pH-mérleg elérése. Ezalatt azt értem, hogy a különböző területeken használt, és a szennyvízbe jutó savak és lúgok végeredményben átlagosan közel semleges kémhatást eredményezzenek. Ehhez egyrészt a savas és lúgos vegyszerek felhasználásainak telephely szintű összehangolása, másrészt megfelelő időbeli pufferolás szükséges. Ezzel kapcsolatosan nem szabad megfeledkezni a vízlágyítás savas regenerátum-vizeiről, és célszerű figyelembe venni a technológiákban kibocsátott szén-dioxid, illetve esetleg a kazánok füstgázának felhasználási lehetőségeit a semlegesítésre. Ezzel a kérdéssel a szennyvízkezeléssel foglalkozó részben még foglalkozom.

RAKTÁROZÁS, ANYAGMOZGATÁS, CSOMAGOLÁS

Ezen a területen kiemelt figyelmet kell fordítani a veszélyes anyagokkal és készítményekkel folytatott tevékenységekre, ezek kezelésére és tárolására. Az erre vonatkozó jogszabályi előírások a 2000. évi XXV. törvényben találhatóak. Mivel a hazai vállalatoknál folytatott projektek során úgy tapasztaltam, hogy ezen a területen a jogszabályok betartása, illetve a technológiai fegyelem gyakran hagy kivetnivalókat maga után, álljon itt a következőkben néhány javaslat a téma kezelésével (menedzselésével) kapcsolatosan.

A veszélyes anyagok kezelésével kapcsolatos teendőket az alábbi lépések szerint javaslom strukturálni, illetve elvégezni:

1. A telephelyeken használt veszélyes anyagok teljes körű felmérése (feltüntetve a szállítás, tárolás, mozgatás és felhasználás pontos helyét és módját, a felhasznált és a tárolt mennyiségeket);
2. Minden veszélyes anyag biztonságtechnikai adatlapjának összegyűjtése, ezek rendszerezése, és egy egységes katalógus létrehozása az 1. és 2. pont szerint összegyűjtött információkból;
3. Az egyes anyagok helyes tárolási módjának, illetve szállítási/mozgatási és felhasználási szabályainak rögzítése a fenti információk és a vonatkozó jogszabályok alapján (utasítások készítése), beleértve a tárolás és mozgatás logisztikai kérdéseinek átgondolását is;
4. Szükség esetén a tárolásra szolgáló létesítmények, illetve a mozgatás és felhasználás technológiájának átalakítása a felmerült igények alapján, az anyagi és műszaki lehetőségekhez igazodva.

A beszerzés területének másik említést igénylő témaköre a vásárolt anyagok, illetve termékek csomagolása (nem csak a veszélyes anyagokra, hanem minden alap- és segédanyagra vonatkozóan). Ebben a témakörben általánosan elfogadottnak mondható, hogy mind környezetvédelmi, mind gazdasági megfontolások alapján legtöbbször kedvezőbb a lehető legnagyobb kiszereles és a visszatérő (többutas) csomagolóeszközök használata.

A minél nagyobb kiszereles az egységnyi termékmennyiségre jutó csomagolóanyag-mennyiség csökkentése révén általában csökkenti a fajlagos csomagolási költséget, és a keletkező csomagolóanyag-hulladék fajlagos mennyiségét. Ezen túlmenően a

kiszereleési egység növelése a felhasználáskor (óhatatlanul) a csomagolásban maradó anyagból keletkező veszteségeket is csökkenti. A kiszereleés nagyságának megválasztásánál az egyszerű és rugalmas tárolás és anyagmozgatás, a szállítás és felhasználás üteme, és a felhasználó igényei közötti optimális kompromisszum megtalálása a cél.

A többutas csomagolás használata a fajlagos csomagolási költséget és a csomagolási hulladék mennyiségét drasztikusan (töredékére) csökkentheti. További előnyt jelent, hogy a hosszú élettartamra optimalizált többutas csomagolóeszközök általában jobban védik a terméket, kisebb a csomagolóanyag sérüléséből adódó veszteségek lehetősége. Ennek az „árát” több ponton kell megfizetni. A többutas csomagolóeszközök beruházása egyszeri magasabb költséget igényel, ami azonban az esetek döntő részében igen rövid idő alatt megtérül. Ezek a csomagolások általában igényesebb kezelést, több odafigyelést kívánnak. Az ilyen csomagolóeszközök visszaszállítása (gyakran üresen) olyan többletráfordítást jelent, amelyet a szállítási és csomagolási logisztika megfelelő összehangolásával általában minimálisra lehet szorítani. A keresztzennyeződés elkerülése végett általában kikerülhetetlen ezeknek a csomagolóeszközöknek az időnkénti tisztítása. Megfelelően végzett tisztítás és kellően gondos bánásmód esetén mindezen többletráfordítások ellenére a visszatérő csomagolások gazdasági és környezeti mérlege általában pozitív az egyutas csomagolásokkal összehasonlítva.

Azokban az esetekben, ahol az egyutas csomagolás elkerülhetetlen (pl. higiéniai okokból), vagy gazdaságosabbnak bizonyul a többutas csomagolásnál, célszerű olyan csomagolóanyagot választani, ami anyagában újrahasznosítható (pl. papír vagy üveg), vagy biológiailag lebomlik (pl. papír). Ezek általában csökkentik az ártalmatlanítás költségét, esetenként akár bevételt is hozhatnak.

Amennyiben egyes esetekben a műanyag alapú egyutas csomagolás elkerülhetetlen, célszerű egynemű (azonos anyagú) csomagolásokra törekedni. Ha sikerül a keletkező csomagolási műanyag-hulladékot egyneművé tenni (pl. csak polietilén fóliák), van remény a hasznosítására, illetve értékesítésére. A vegyes (többféle műanyagot tartalmazó) műanyag-hulladék az esetek zömében nem hasznosítható.

Végezetül említést érdemel, hogy egyes szállítási, illetve anyagmozgatási feladatok (különösen üzemen belül) gyakran a csomagolás teljes elhagyásával is megoldhatók (pl. ömlesztett anyagok pneumatikus vagy hidraulikus mozgatása). Az ilyen rendszerek kiépítése az esetek zömében jelentősebb beruházást igényel, tehát csak

a megfelelő műszaki megvalósíthatósági és gazdaságossági elemzések elvégzése után javallott.

A raktározás területének további említést érdemlő pontja a raktárépületek energiafelhasználása. Jellemző veszteségi pontokat jelentenek a raktárak fűtésével kapcsolatban a szigetetlen, rosszul záró vagy nyitva hagyott nyílászárók, esetleges törött ablaküvegek. A veszteségek csökkentésének leggyakrabban alkalmazott lehetőségei:

- a nem megfelelő szigetelést biztosító, illetve rosszul záró nyílászárók cseréje, illetve javítása,
- a gyakran használt ajtók automatikus nyitása és zárása (fotocellával irányított mozgató mechanikákkal, vagy lengőfüggönyök alkalmazásával)
- a területek szellőzési rendszerének hőcserélőkkel való felszerelése (a távozó meleg és a beszívott hideg levegő közötti hőcsere biztosítására) — ez utóbbi megoldás (különösen nagy belmagasságú terek esetében) drasztikusan csökkentheti a fűtésigényt
- a fűtési rendszerek modernizálása (ezen belül fontos szempont a vertikális légcseré biztosítása annak érdekében, hogy a felfelé szálló meleg levegőt visszajuttassák a talajközeli rétegekbe)

Hasonlóan gyakori veszteségek forrása ezen területek fölösleges világítása olyan időszakokban, amikor nem tartózkodik ott senki. Ezzel kapcsolatosan az alábbi megoldásokkal érhető el megtakarítás:

- a természetes megvilágítás lehetőségeinek maximális kiaknázása (felülvilágító ablakokkal, a falakon nagy üvegfelületek kialakításával, a világításra szolgáló felületek tisztántartásával, világos falfelületek kialakításával)
- helyi megvilágítások preferálása a csarnokvilágítással szemben (olyan területeken, ahol helyhez kötött munkavégzés folyik) — ergonomiai szempontból a helyi világítás és a csarnokvilágítás intenzitásának 3:1 aránya a legkedvezőbb
- világítás automatikus kapcsolása (mozgásérzékelők és időrelék, illetve alkonyatkapcsolók használatával)
- energiatakarékos fényforrások használata

A tapasztalatok szerint a világítás modernizálására fordított beruházások rövid távon megtérülnek, ezen a területen érdemes támaszkodni az erre szakosodott tanácsadók és szállítók állásfoglalásaira, illetve ajánlataira.

IRODÁK ÉS SZOCIÁLIS TERÜLETEK, TAKARÍTÁS

Az irodák és szociális területek fűtésével és klimatizálásával kapcsolatosan az alábbi általános elvekre, illetve tapasztalatokra szeretném felhívni a figyelmet:

- A fűtés energiaellátására leginkább a melegvizes, decentrális rendszerek (helyi cirko-kazánok) váltak be egyszerű üzemeltetésük, jó szabályozhatóságuk és kiemelkedően jó hatásfokuk miatt. A gőzös fűtés ezen a területen elavultnak számít. A centrális melegvízellátás hátránya a viszonylag magas elosztási veszteség, így csak ott lehet versenyképes alternatíva, ahol erre a célra alkalmas fölös melegvíz-mennyiség (hulladék hő) áll rendelkezésre.
- Az energiahordozó megválasztásánál a környezeti és gazdasági szempontok egyaránt a földgáz mellett szólnak. Más fosszilis energiahordozók (olaj, szén) ma már gyakorlatilag nem fordulnak elő ezen a területen. A villamos fűtést a magas energiaköltség miatt csak ott alkalmazzák, ahol a fűteni kívánt terület gázzal történő ellátása nem megoldható (vagy nagyon költséges). Az utóbbi időben a rendelkezésre álló technológiák fejlődésével versenyképossé vált a napenergia használata. Ma már elérhető áron hozzáférhetőek a szükséges berendezések, melyek belátható időn belül komoly konkurenciát jelenthetnek a földgázüzemű rendszereknek.
- A klímaberendezések közül nagyobb helységek, irodaházak ellátására mindenképpen az ún. split-klímaberendezések használata ajánlott. Ezek kültéri egységeit célszerű az épületek északi oldalán, árnyékos, jól szellőző helyen telepíteni.
- Mind a fűtés, mind a klimatizálás területén kiemelkedő fontosságú a jó szabályozás. Igazán hatékonyan általában az automatizált rendszerek működnek. A szabályozás leghatékonyabb formája a helységenkénti önálló, termosztátos megoldás. További megtakarítás érhető el az időzített szabályozással, ez azonban általában költséges, csak hosszabb távon megtérülő beruházás. Az automatizálás révén elkerülhető a gyakran tapasztalt túlhűtés (nyáron), illetve túlfűtés (télen).
- A helységek hatékony szellőztetésével is energia takarítható meg. Nagyobb terek szellőztetésénél érdemes megvizsgálni a szellőzés belépő és kilépő ága közötti hőcsere megvalósításának lehetőségét, amellyel a fűtés, illetve klimatizálás energiaigény drasztikusan csökkenthető. Erre a célra hazai forgalmazóktól egyszerű, olcsó megoldások állnak rendelkezésre.

- A klimatizált terekben kerülni kell a hő- és páraforrások jelenlétét. Az ezek által kibocsátott hő, illetve a pára eltávolítása jelentősen növeli a klímaberendezés fogyasztását. Szintén fontos a direkt napsugárzás kizárása. Fontos tudni, hogy a napsugárzás hőhatásának kivédésére csak a külső árnyékolás hatékony, a belső árnyékolók csak a fény bejutását gátolják.

Az irodai területek legnagyobb villamosenergia-felhasználói (a klímaberendezések mellett) a világítás és az irodatechnikai eszközök. Ezekkel kapcsolatosan a következőkre érdemes figyelni:

- A raktárak esetében elmondottakkal analóg módon az irodák esetében is fontos a természetes megvilágítás favorizálása. Ez a klimatizálás hatékonyságának javítására alkalmazott árnyékolással sokszor ellentétes igényeket ébreszt. A megfelelő kompromisszum megtalálása a tervező szakemberek feladata.
- A világítás esetében a fénycsövek, illetve kompakt-fénycsövek hatékonyabb megoldást kínálnak a hagyományos izzóknál.
- A mai irodák legelterjedtebb berendezése a számítógép. Ezek gyakran reggeltől-estig üzemelnek akkor is, ha csak az idő töredékében használják őket. Az asztali gépek 100-120 W-os fogyasztásukkal így akár jelentős veszteséget is jelenthetnek. Tévhit, hogy a gyakran használt képernyővédők bármit is javítanak a helyzeten. A modernebb gépek energia-menedzsmenttel rendelkeznek, amely ténylegesen töredékére csökkenti az energiafelhasználásukat, amikor nincsenek használatban. Régebbi gépek esetében azt javaslom, hogy kapcsolják ki őket, ha fél óránál hosszabb ideig nem kívánják használni. (További probléma, hogy a számítógépek a felvett teljesítmény zömét hőenergia formájában bocsátják ki, azaz fellép a klimatizálással kapcsolatban említett „belső hőforrás” által okozott energiaveszteség. A megoldást itt is a jól átgondolt, hatékony szellőztetés jelentheti.)

Az irodaszerek felhasználásával kapcsolatban két pont érdemel említést. Egyrészt, fordítsanak figyelmet arra, hogy a felhasznált papír mindkét oldalát használják (a belső használatú dokumentumokat, különösen a nagyobb terjedelműeket lehetőség szerint kétoldalasan nyomtassák, illetve másolják; az elrontott egyoldalas nyomtatványok és másolatok másik oldalát pedig jegyzetpapírként használhatják).

Másrészt szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy a nyomtatók és másolók kiürült festékkazettái, illetve tonerei veszélyes hulladéknak minősülnek, tehát nem volna szabad a kommunális hulladékba kerülniük. Javaslom, hogy használják ki a kazetták újratöltésével, illetve felújításával foglalkozó vállalkozók szolgáltatásait.

SZENNYVÍZKEZELÉS

A szennyvíztisztítás tárgyalásánál nyomatékosan fel szeretném hívni a figyelmet a megelőzés fontosságára és gazdasági előnyeire. A sörgyárak szennyvízeivel kapcsolatos problémák jó része, a szennyvízkezelés költségei, illetve az esetleges bírságok jelentősen csökkenthetők a technológia néhány kritikus pontjának felülvizsgálatával. A legjellemzőbb ilyen pontok:

- A főzőházból származó törköly, illetve seprő. Ezek szennyvízbe kerülése az örvénykád megfelelő üzemeltetésével elkerülhető. Ezzel jelentősen csökkenthető a KOI és lebegőanyag-terhelés.
- Az erjesztésből származó élesztő. Igen komoly KOI-terhelést okoz, és gondokat jelenthet a biológiai szennyvíztisztítás során. Szennyvízbe kerülését feltétlenül meg kell akadályozni. Egyes esetekben ez az erjesztőtankok kialakítása miatt nehezen oldható meg, itt mindenképpen ajánlott az élesztővel terhelt első öblítővíz felfogása és külön kezelése.
- A szűrésből származó kovaföld. Szintén lebegőanyag- és KOI-terhelést okoz, a technológia megfelelő kialakításával (pl. száraz kihordás) a szennyvízbe kerülése minimálisra szorítható.
- Címkehulladék a fejtőüzemekből (palackmosásból). Elsősorban lebegőanyagként okoz problémát, szennyvízbe kerülése könnyen elkerülhető.
- Az említett „szennyezőanyagok” (ezen belül elsősorban a törköly és az élesztő) értékesíthető melléktermékek, tehát a szennyvízbe jutásuk dupla veszteséget jelent.

A sörgyár szennyvízterheléseivel kapcsolatosan tipikus probléma a jelentős időbeli ingadozás (lökésszerű terhelés) mind a mennyiség mind a szennyezettség tekintetében. Erre a problémára megoldást jelent egy kiegyenlítő, illetve puffertározó kialakítása. Ennek méretezését úgy kell megválasztani, hogy a jellemző terhelési csúcsokat (elsősorban mennyiség és pH) ki tudja egyenlíteni. Egy ilyen medencét a lebegőanyagok kiülepedésének elkerülésére és a megfelelő homogenizálás biztosítására keverővel kell ellátni. Egyes sörgyárak a kiegyenlítő medencéjüket egyszerű levegőztetéssel látták el, amivel a szerves terhelés közel 50%-os lebomlását érik el.

Egyszerűbb, olcsóbb, bár kevésbé hatékony megoldást jelenthet az is, ha a legnagyobb, lökészerű terhelést okozó kibocsátásokat (pl. palackmosó fáradt lúg, illetve kimerült CIP-oldatok elengedése, vízlágyító regenerálása, stb.) egyenként, helyileg pufferolják, és lassan, folyamatosan engedik a csatornába.

Ha a sörgyár teljes pH-mérlege nem semleges, akkor a pufferolás ellenére is vegyszeres semlegesítés szükséges. Ez megoldható a központi puffer-medencében, vagy az egyes részáramok puffertartályaiban (ezesetben különösen nagy figyelmet kell fordítani arra, hogy az egyes részáramok semlegesítésekor nehogy „egymás ellen dolgozzanak” a területek). Mivel a legtöbb sörgyár technológiai szennyvizei összességében inkábbba lúgos tartományba mozognak, a semlegesítéshez szükséges savként érdemes gondolni a vízlágyítók regenerátumára, valamint az erjesztőkben, szűrő és fejtőüzemekben felszabaduló szén-dioxidra, esetleg a kazán füstgázának CO₂-jára.

Azon sörgyárak számára, amelyek közcsatornába engedik a szennyvizüket, gyakran elegendő a mechanikus előtisztítás megvalósítása az előírt határértékek betartásához. Ezt leggyakrabban dobszűrőkkel, ritkábban ülepitő medencékkel valósítják meg.

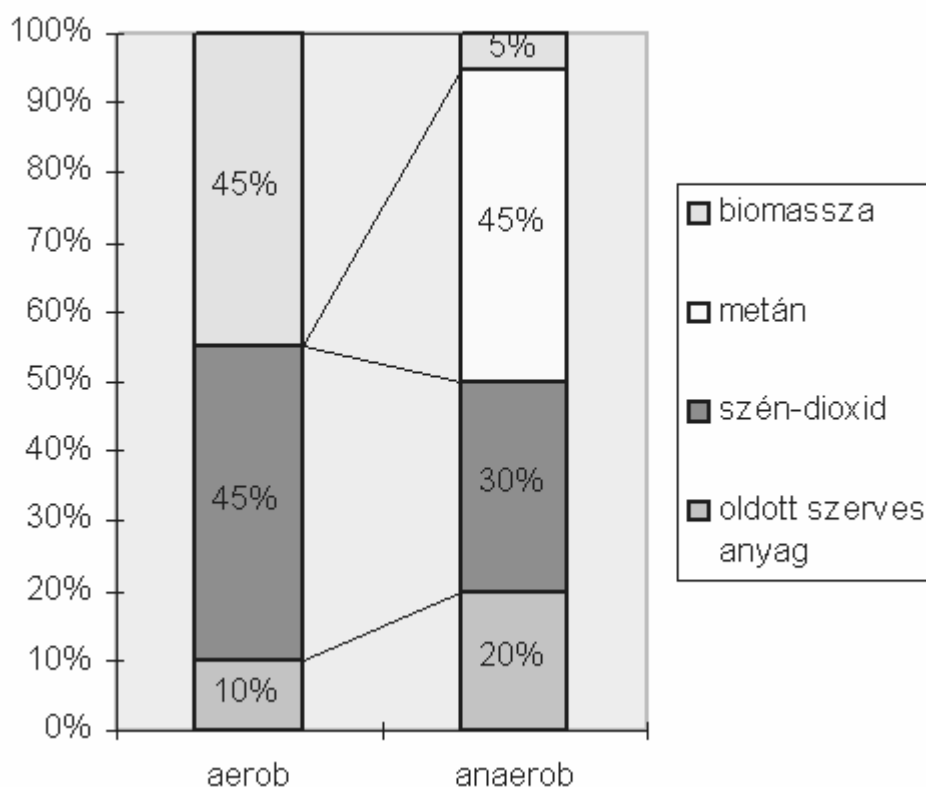
Amennyiben az előírt határértékek KOI-terhelésre is vonatkoznak, azok betartása csak biológiai tisztítással valósítható meg. A biológiai tisztításnak alapvetően kétféle technológiája létezik, melyek alternatívan és kombinálva is alkalmazhatók. Terjedelmi okokból ezen a helyen eltekintek a technológiák részletes ismertetésétől, csak legfontosabb paramétereiket, illetve alkalmazhatóságukat mutatom be és hasonlítom össze röviden.

Az aerob biológiai tisztítás során a szerves anyagok szén-dioxiddá bomlanak le, miközben a lebontást végző mikroorganizmus-tömeg (biomassza) jelentősen gyarapodik. A KOI-lebontás igen magas hatásfokú, egy lépcsőben is 85-90%-os. Ezáltal az aerob biológia önmagában is alkalmas akár az élővízbe történő bebocsátás határértékeinek elérésére (általában két lépcsőben). Hátránya a levegőztetés és keverés magas energiaigénye, és a keletkező nagy mennyiségű szennyvíz-iszap, amelynek ártalmatlanítása további költségeket okoz.

Az anaerob tisztítás során a szerves anyagok nagyrészt metángáz (biogáz) képződése mellett bomlanak le, miközben a biomassa-szaporulat minimális. A technológia előnye az alacsony energiaigény, illetve a képződő biogázból visszanyerhető energia (ez általában jelentősen meghaladja a szennyvíztisztító energiateljesítményét).

használását, tehát összességében a folyamat energiát termel), valamint a minimális iszapképződés. Hátránya, hogy csak magas szervesanyag-terhelés mellett hatékony, és érzékeny a pH és a hőmérséklet ingadozásaira. A KOI-lebontás hatásfoka kb. 80%, ezért ez a technológia önmagában nem alkalmas élővízbe kibocsátható vízminőség elérésére.

Az aerob és anaerob technológia összehasonlítását mutatja az alábbi ábra (Arndt [1998], Kühbeck [1997]):



A modern, nagy hatékonyságú szennyvíztisztítók általában egy anaerob előtisztító és egy aerob utőtisztító lépcsőt tartalmaznak (kiegészítve a mechanikus tisztítás és az iszapkezelés technológiáival). Gyakori, jó hatékonyságot biztosító megoldás, hogy az anaerob lépcsőbe csak a magas szerves terhelésű részáramokat vezetik előtisztításra, míg az alacsony terhelésű („híg”) szennyvizek közvetlenül az aerob lépcsőbe kerülnek. Ezáltal mindkét lépcső ideális kihasználása érhető el.

Egy átlagos sörgyári szennyvíz KOI terhelése 1500-2500 mg/l. Anaerob tisztításnál kb. 80%-os KOI lebontás várható, a gázhozam nagyjából 0,3-0,35 m³/kg (lebontott KOI), vagy kb. 6700 kJ/kg(lebontott KOI). A fenti adatokból 8-13 MJ/m³ tisztított szennyvíz energiatermelés adódik. Kb. 6,5 hl/hl vízfajlagossal (azaz kb. 5 hl/hl

szennyvíztermeléssel) számolva 4-6,5 MJ/hl termelt sör energia nyerhető, ami a korábban említett átlagos fajlagos energiaigényt figyelembe véve a sörgyár hőenergia-felhasználásának 3-6%-át fedezné.

A sörgyárban keletkező egyéb szerves hulladékok (elsősorban törköly, seprő, élesztő) anaerob rothasztásával a szakirodalom szerint kb. 70 MJ/hl termelt sör energiamennyiség nyerhető ki biogáz formájában. Ez már egy átlagos sörgyár hőenergia-igényének 45-65%-át biztosítaná. A fajlagos hőenergia-felhasználás tekintetében kiemelkedően jó teljesítményű sörgyárak esetén (90 MJ/hl felhasználás esetén) ez az érték eléri a 80%-ot.

A szennyvíziszapok kezelése (elsősorban a mechanikus tisztításnál és az aerob biológiánál) további megoldandó feladatot jelent. Szerencsére a sörgyári szennyvíziszapok nem tartoznak a problémás hulladékok közé, ártalmatlanításuk általában megoldható. Problémát esetenként a szállításuk, illetve mozgatásuk jelent, mert a nem megfelelő víztelenítés esetén konzisztenciájuk igen nehezen kezelhetővé teszi az iszapokat. A kezelés, illetve ártalmatlanítás lehetőségei közül említést érdemel:

- Mezőgazdasági hasznosítás beszántással vagy mélyinjektálással. A magas tápanyag- és ásványianyag-tartalom miatt hatékony trágyázás érhető el. Problémát jelenthet viszont pl. a palackmosásból származó nehézfém, illetve alumínium szennyezés.
- Komposztálás. A korábban elmondottakkal analóg módon. Ilyen hasznosítás esetén gyakran keverik törkölyel, seprővel, használt kovafölddel. A keletkező komposzt szintén a mezőgazdaságban hasznosítható (bár felvevőpiaca korlátozott).
- A kovafölddel kapcsolatban elmondottakkal analóg módon égetett mésszel sterilizálva jól kezelhető, értékes termék nyerhető.
- Az iszap anaerob rothasztásával mennyisége kb. felére csökkenthető, a keletkező biogáz pedig energetikailag hasznosítható. A módszer egyetlen hátránya, hogy a folyamat lassúsága miatt nagy méretű műtárgyakat igényel, ami jelentős beruházási költséggel jár.
- A szárított szennyvíziszap égethető, bár a szárítás magas energiaigénye miatt a folyamat energiamérlege gyakran negatív.

Mivel a szennyvíz-, illetve iszapkezelés viszonylag magas beruházási költségekkel jár, és a megtérülési idő nagyobb berendezések esetén kedvezőbb, számos esetben több vállalat összefogása jelentheti a leggazdaságosabb megoldást. Nyugat-Európában számos példát látni arra, hogy pl. élelmiszeripari vállalatok közösen alakítanak ki és üzemeltetnek szennyvíztisztító művet. Ilyen összefogásra hazánkban is számos jó lehetőség kínálkozna, de a hazai vállalati kultúra sajnos gyakran távol áll az ehhez szükséges szintű kooperációs készségtől.

HULLADÉKGAZDÁLKODÁS

A hulladékgazdálkodással kapcsolatosan szintén először is a megelőzés elvének következetes alkalmazását szeretném hangsúlyozni. Számos hulladék mennyisége jelentősen csökkenthető a technológiák, folyamatok és a felhasznált anyagok helyes megválasztásával vagy kritikus felülvizsgálatával (pl. az üvegcserép mennyisége jelentősen csökkenthető a fejtőüzemi üvegtörés minimálisra szorításával, a csomagolóanyag-hulladék mennyisége pedig akár töredékére redukálható többutas csomagolások kiterjedt alkalmazásával).

A megelőzés lehetőségeinek kiaknázása után a következő fontos feladat a hasznosítható vagy értékesíthető hulladékok szelektív gyűjtése. Fontos hangsúlyozni, hogy a szelektálás optimális módját mindig a hasznosíthatóságnak kell meghatározni. A tárolás helyigényét és az elszállítás költségeit jelentősen csökkentheti a tömörítő-konténerek alkalmazása (elsősorban papír és műanyag-hulladék esetén).

Fontos a hulladékok minél nagyobb hányadának hasznosítása, illetve értékesítése, ami mind környezeti mind gazdasági szempontból előnyös. Itt visszautalnék egyes hulladékok korábban részletesen tárgyalt hasznosítási lehetőségeire (pl. törköly, élesztő, kovaföld, címke, stb.). Nem utolsó sorban vizsgálni lehet az égetéssel történő energetikai hasznosítás lehetőségét, amit a deponálással szemben előnyben kell részesíteni (Mayer [1999]).

Számos hulladék kezelése megoldható azzal, ha a szállítókkal olyan szerződést köt a beszerzés, amiben a hulladékok visszavételére kötelezi őket (pl. csomagolóanyagok, göngyölegek, olajok és kenőanyagok, stb.). Ezen a területen is segítséget jelenthet az együttműködés más vállalatokkal, hiszen az egyes hulladék-frakciók nagyobb mennyiségben általában kedvezőbb feltételekkel értékesíthetők.

Külön említést érdemel a veszélyes hulladékok kezelése, mivel tapasztalataim szerint ezen a területen sajnos még ma is (lassan öt évvel a vonatkozó rendelet megjelenése után) sok vállalatnál komoly hiányosságok vannak. A söriparban jellemzően az alábbi veszélyes hulladékok keletkezésével kell számolni:

- olajos hulladékok (főként a karbantartásból: fáradt olaj, olajos rongy, használt olajsűrők, olajfolyások felitatásából származó anyagok)
- szárazelemek és akkumulátorok (műszerek és járművek karbantartásából)

- vegyszermaradékok és vegyszeres göngyölegek (mosólúg, egyéb tisztító- és fertőtlenítőszeres, vízlágyításhoz használt vegyszerek, laborvegyszerek)
- oldószer-maradékok, illetve szennyezett oldószeres (laboratóriumok, karbantartás, tisztítás)
- hűtőközegek, illetve hűtőberendezések (karbantartás, esetleg bontás)
- sprayflakonok (főleg karbantartás: tisztítószeres, kenőanyagok, stb.)
- irodai veszélyes hulladékok (kiürült festékkazetták, tonerek, stb.)
- fénycsövek

A veszélyes hulladékokat szigorúan szelektíven kell gyűjteni, és megfelelő engedéllyel rendelkező cégnek ártalmatlanításra átadni. A vonatkozó szabályozások (beleértve a nyilvántartási és bejelentési kötelezettségeket) a 98/2001. Korm. rendeletben található.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a megelőző jellegű környezetvédelem gyakorlati megvalósításának, a tisztább termelésnek a példáját mutatta be az élelmiszeripar egy jellegzetes ágazatában, a söriparban.

A tisztább termelés elveinek alkalmazásával számos olyan intézkedés azonosítható a vállalati szférában, melyek megvalósításával a környezet terhelése úgy csökkenthető, hogy közben a vállalatok üzleti érdekei sem csorbulnak.

A megelőző jellegű környezetvédelemnek éppen ez az egyik legfontosabb tulajdonsága: a környezet terhelésének a csökkentését az erőforrások felhasználásának a hatékonyabbá tételén keresztül valósítja meg, ami — a természeti erőforrások jelenlegi és várható jövőbeni piaci árait figyelembe véve — jelentős megtakarításokat eredményez nem csak a szennyezés területén, hanem a gazdálkodás pénzügyi vetületét tekintve is.

A söripari gyártási folyamat az alapanyagok jelentős részének a felhasználásával a főzőházban kezdődik, amit az erjesztési lépés követ. Ezután a szűrésre, végül a fejtésre kerül a sor. A folyamatok működtetéséhez jelentős mennyiségű energiára (hő-, villamos-, hűtési energiára és sűrített levegőre) van szükség, illetve a sörgyártás vízfelhasználása is jelentős. A folyamatokhoz szükség van segédanyagokra is például a tisztítás, fertőtlenítés során.

Az egyes technológiai lépések tartalmát, illetve a tisztább termelés lehetőségeit a tanulmány részletesen ismertette. A legfontosabb eredményeket az egyes technológiai lépések szerinti bontásban a következőképpen lehet összefoglalni.

1. Sörfőzés

A sörgyártás energiafelhasználásának az 50-60%-a a főzőházban történik és ehhez a technológiai lépéshez kötődik a legnagyobb primer alapanyag-felhasználás is. Ezért a sörfőzés során különösen oda kell figyelni a jó minőségű alapanyagok felhasználására (elsősorban a maláta esetében), a megfelelő őrlésre és cefrzési folyamatra, a cefreszűrő megfelelő kialakítására, valamint a cefreszűrési folyamat megfelelő kialakítására. Az egyes technológiai megoldások részletes elemzést igényelnek, melyek figyelembe veszik a helyi sajátosságokat, az azonban általánosságban is megállapítható, hogy az alapanyag (maláta) felhasználás 1%-os javítása

kb. 0,15 – 0,2 kg maláta megtakarítást jelent hektoliterenként. Ez 500.000 hektoliteres éves termelés mellett durván 3-5 millió forint megtakarítást is jelenthet.

A sörfőzés egyik fontos mellékterméke a törköly, melynek hasznosítására több lehetőség is kínálkozik és ezért ártalmatlanítására (deponálására) csak kivételes esetekben van szükség. A törköly felhasználható állati takarmányként, emberi fogyasztásra, komposztálható, felhasználható az építőiparban, illetve végső esetben égetéssel is hasznosítható.

2. Erjesztés

Az erjesztés szintén jelentős energiafelhasználással jellemezhető az erjesztőtankok és az erjesztéshez használt termék hűtése miatt. A veszteségek kiküszöbölésére, illetve csökkentésére az erjesztőtankok esetében a szigetelés minőségének javítása a legkézenfekvőbb megoldás. Ezen felül lehetőséget jelent a hidegenergia-veszteségek csökkentésére az erjesztési, illetve tárolási hőmérséklet változtatása. A tárolási hőmérséklet 1 Celsius fokkal történő emelése mintegy 4-5% körüli energiamegtakarítást jelent.

A termék hűtésének vizsgálata ki kell terjedjen a nyílászárók és szellőztetés felülvizsgálatára. Általában elmondható, hogy a termék hűtésigénye jelentősen csökkenthető igen rövid idő alatt megtérülő beruházások segítségével.

Az erjesztés során törekedni kell arra, hogy a sör-élesztő szuszpenzió ne kerüljön a csatornába, ami nem csak az anyagi veszteség miatt, hanem az így keletkező szennyvíz magas KOI értéke miatt is indokolt. A legfontosabb ebből a szempontból a tankok megfelelő kiválasztása valamint az utóöblítés alkalmazása.

Az erjesztés során keletkező veszteségek egy másik jelentős tétele az élesztővel távozó maradék sör, mely a termelt mennyiség 1-2%-át is kiteheti. Ennek megtakarítására számos lehetőség létezik: szűrőprés, cross-flow szűrés, dekanter vagy szeparátor alkalmazása.

Az erjesztés során keletkező szén-dioxid visszanyerésére is van mód, melynek segítségével elméletileg fedezhető a sörgyártás teljes szén-dioxid igénye. A szén-dioxid alacsony ára miatt azonban a visszanyeréssel kapcsolatos beruházások csak nagyon lassan térülnek meg, ezért ezek alkalmazása — jelenleg — Magyarországon nem elterjedt.

3. Szűrés

A szűrés legfontosabb környezetvédelmi vonatkozása a technológiai lépés során használt kovaföldhöz kapcsolódik. A problémára megoldást jelenthet a kovaföldmentes szűrési eljárások alkalmazása, illetve a kovaföld hasznosítása.

A kovaföld kiváltására alkalmazható centrifuga, szeparátor, cross-flow membrán-szűrés, cellulóz-PVPP szűrés és cellulóz bázisú lapszűrők.

Amennyiben a kovaföld kiváltására nem kerül sor, akkor a hulladékként keletkező kovaföld talajlazításra, sterilizálásra, komposztálásra használható, ártalmatlanítható a szennyvíziszappal, illetve regenerálás után újrahasznosítható.

A szűrés folyamata gyakran jelentős szén-dioxid felhasználással járhat, melynek racionalizálására szintén több lehetőség is kínálkozik.

4. Fejtés

A fejtés egyik legfontosabb környezeti hatása a palackozással, pasztörözéssel, sterilizálással és tisztítással kapcsolatos vízfelhasználás. A pasztörözés ezenkívül jelentős hőenergia-felhasználással is jár.

Csökkenthető a vízfelhasználás a palackmosó gép megfelelő szabályozásával vagy a keletkező használt mosólúg tisztításával és visszaforgatásával.

A pasztörözés során az alagútpasztörözéssel szemben érdemes előnyben részesíteni a pillanatpasztörözést, melynek hőhasznosítása 90% feletti.

A fejtőüzemek vízfelhasználása is csökkenthető újrahasználattal, illetve zárt hűtővíz körök kialakításával.

A gyakorlatot tekintve megállapítható, hogy a hazai sörgyárak egy része már alkalmazza tevékenysége során a tisztább termelés elveit. Ezek a vállalatok bebizonyították, hogy az erőforrásokkal való gondos bánásmód, a felhasználás hatékonyságának a javítása nem csak egy elméleti potenciál, hanem — az adott vállalat jellegzetességeinek a figyelembe vételével — a gyakorlatban is mérhető eredményeket hoz.

Ezen felül a hazai vállalatok a környezeti menedzsment eszközeinek a széles körét is alkalmazzák, mint például a környezeti kommunikációt vagy a környezeti irányítási rendszereket. Ezek az eszközök keretbe foglalják és ezáltal a megvalósítás irányába terelik az azonosított tisztább termelési intézkedéseket és ezáltal járulnak hozzá a vállalatok környezeti teljesítményének a javításához.

Bár a tanulmányban felsorolt tisztább termelési intézkedések a legtöbb vállalat esetében legalábbis megfontolandóak, a megvalósítást számos tényező hátráltathatja. Az intézkedések pénzügyi hátterének a biztosításán felül ezek közé tartoznak az ún. szervezeti tényezők, melyek közé a szervezeti tagok változásokkal szembeni ellenállása, a motiváció hiánya, a vállalat infrastrukturális jellemzői, stb. tartoznak. Ezek a tényezők az azonosított intézkedések megvalósítása ellen hatnak és gyakran azt eredményezik, hogy a javaslatok a fiókok mélyén várakoznak a megvalósításra. Ezért a környezetvédelmi vezetők legfontosabb feladata, hogy felmérjék a vállalat számára lehetséges intézkedések körét és azok megvalósítására ösztönözzék a beruházási döntéseket meghozó vállalati vezetőket.

1. Andrejs, B., Dietschmann, J., Eckart, P., Fehlauer, M., Neumann, P., Waga, N.C.: Emissionen in Verlade- und Lagerhallen, Brauwelt Nr. 15/16 (1998)
2. Arndt, G.: Abwasserreinigung und –vermeidung in der Brau-, Malz- und Getränkeindustrie, Brauwelt Nr. 15/16 (1998)
3. Bajor Környezetvédelmi Minisztérium: Die Umweltbewußte Brauerei
4. Barlmeyer, N.: Druckluft- und CO₂-Filtration, Brauwelt Nr. 9/10 (1999)
5. Carr-Harris, H., Danbrew (Copenhagen, Denmark): Environmental Management in the Brewing Industry, UNEP-IE Technical Report No. 33., First Edition 1996, ISBN: 92-807-1523-2
6. Chmiel, H., Fähnrich, A., Janke, H.D., Kaschek, M., Kluth, J., Mavrov, V., Rögener, F.: Kosteneinsparpotentiale durch Wasser- und Laugenmanagement, Brauwelt Nr. 1/2 (1997)
7. Colesan, F.: Bierrückgewinnung aus Überschusshefe mit dem Flottweg-Sedicanter, Brauwelt Nr. 8 (1999)
8. Delgado, A., Nirschl, H., Denk, V.: Der Innenkocher – ein heisses Thema, Brauwelt Nr. 7/8 (1997)
9. Dickmann, H., Neradt, F.: Cold-sterile filtration of beer, Brewers Guardian, June 1995
10. Fischer, W., Dülsen, R., Schnick, T., Plank, A.: Die Kieselgur – wichtigstes Filterhilfsmittel der Anschwemmfiltration in Kombination mit anderen Filterhilfs- und Klärmitteln, Brauwelt Nr. 45 (1997)
11. Fohr, M., Meyer-Pittroff, R.: Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Würzekochung, Brauwelt Nr. 12 (1998)
12. Glas, K., Schmaus, B.: Ökologische Aspekte der Reinigung und Desinfektion, Teil I.-IV., Brauwelt Nr. 40, 41/42, 45, 46/47 (1998)
13. Glas, K.: Umweltrelevante Aspekte der Brauwasseraufbereitung mittels Ionentauscher, Brauwelt Nr. 41 (1997)
14. Hackensellner, Th.: Moderne Kälteanlagen in Mälzereien und Brauereien, Brauwelt Nr. 49/50 (1997)
15. Hertlein, J., Bornarova, K., Weisser, H.: Eignung von Kunststoffflaschen für die Bierabfüllung, Brauwelt Nr. 21/22 (1997)
16. Hummelose, B., Carr-Harris, H., Kryger, J., Balkau, F., de Hoo, S.: Cleaner Production in Breweries – A Workbook for Trainers, UNEP-IE, First Edition 1996, ISBN: 92-807-1607-7
17. Knirsch, M., Penschke, A., Meyer-Pittroff, R.: Die Entsorgungssituation für Brauereiabfälle in Deutschland, Brauwelt Nr. 33/34 (1997)
18. König, E.: Abwasserentsorgung in der Getränkeindustrie, Brauwelt Nr. 1/2 (1997)

- 19.Kühbeck, G.: Praxiserfahrungen der Bitburger Brauerei mit der anaerob-aeroben Reinigung von Brauereiabwässern mit Denitrifikation und P-Eliminierung, Brauwelt Nr. 24/25 (1997)
- 20.Manger, H.J.: Die Reduzierung der Betriebskosten in der Brauerei, Brauwelt Nr. 10/11 (1997)
- 21.Manger, H.J.: Wasser-, Wärme- und Kältebedarf in den Prozessstufen Maischen, Aufheizen der Würze, Kochen der Würze und Würzekühlung, Brauwelt Nr. 42 (1997)
- 22.Mayer, W.A.: Betriebliches Abfallwirtschaftskonzept in der Brauerei, Brauwelt Nr. 1/2 (1999)
- 23.Merkle, U.: Vermeiden von Abwasser beim Abfüllen, Brauwelt Nr. 1/2 (1998)
- 24.Meyer-Pittroff, R.: Aktuelle Probleme der Energie- und Umwelttechnik in Deutschland – Teil 2: Die Verwertung von Brauereireststoffen bei der Herstellung von Baustoffen, Brauwelt Nr. 1/2 (1997)
- 25.Oliver-Daumen, B.: Kieselgurrahmenfilter, Brauwelt Nr. 6/7 (1999)
- 26.Picker, E.: Betriebskostensenkung durch Strom-Wärme-Kopplung, Teil I.-III., Brauwelt Nr. 23, 27, 45 (1997)
- 27.Schu, G.: Die Stromversorgung des Brauereibetriebes, Brauwelt Nr. 1/2 (1997)
- 28.Schu, G.F., Stolz, F., Jordan, U.: Betriebevergleich Energie 1996, Brauwelt Nr. 41/42 (1998)
- 29.Schu, G.F., Stolz, F.: Verfahrenskombination im Sudhaus – neues Würzekochsystem und externe Würzeerhitzung, Brauwelt Nr. 32 (1999)
- 30.Schu, G.F., Zacharias, P., Stolz, F.: Betriebevergleich Energie 1995, Brauwelt Nr. 26 (1997)
- 31.Thalacker, R.: Bier und Umwelt, Brauwelt Nr. 30 (1997)
- 32.Wackerbauer, K., Evers, H.: Die kieselgurfreie Filtration (F&S) im technischen Einsatz, Brauwelt Nr. 7/8 (1997)
- 33.Weinzierl, M., Stippler, K., Wasmuth, K., Miedaner, H., Englmann, J.: Ein neues Würzekochsystem, Brauwelt Nr. 5 (1999)
- 34.Wolfseder, A.: Würzekochsystem mit thermischer Brüdenverdichtung, Brauwelt Nr. 19 (1998)
- 35.Zacharias, P.: Abnahmemessungen an Würzekühlern, Brauwelt Nr. 42 (1997)

Egyéb források:

1. A JENBACHER AG prospektusa a kogenerációról
2. A STIEBEL-ELTRON prospektusa a napkollektorokról
3. A HUPPMANN GmbH tanulmánya a sörgyarak energiamegtakarítási lehetőségeiről
4. A STENUM GmbH korábban végrehajtott projektjeinek összefoglaló jelentései

A szerzők:

Galli Miklós vegyészmérnök, CONSACT KFT, Környezetvédelmi Üzletág igazgatója

1081 Budapest, Kiss József u. 8.

Tel.: 210-9760

E-mail: gallim@consact.hu

Zilahy Gyula közgazdász, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem,
adjunktus

1093 Budapest, Fővám tér 8.

Tel.: 215-5808

E-mail: zilahy@enviro.hu

A Környezettudományi Intézet sorozatának kiadványai

1. Burger Ferenc – Rabóczki Laura – Szabó Sándor: *Az önkéntes környezetvédelmi megállapodások alkalmazásának előkészítése*
2. Csutora Mária: *A környezetvédelmi projektek pénzügyi elemzésének módszertana*
3. Kovács Eszter: *Vállalati környezeti jelentések elemzése a nemzetközi tapasztalatok tükrében*
4. Kovács Nóra – Paulovits Gábor: *Ökológiai kockázatelemzés és –becslés, mint vizes élőhelyek kezelését megalapozó metodológia*
5. Tanyi Anita – Zilahy Gyula: *A tisztább termelést korlátozó szervezeti tényezők*
6. Fleischer Tamás – Magyar Emőke – Tombácz Endre – Zsikla György: *A Széchenyi terv autópálya fejlesztési programjának környezeti hatásvizsgálata*
7. Bela Györgyi – Fucskó József – Kajner Péter – Marossy Zoltán: *A környezetterhelési díjak bevezetésének vizsgálata*
8. Tombácz Endre – Marossy Zoltán: *Az IPPC direktíva alkalmazásának problémái az EU-ban*
9. Major György – Nagy Zoltán – Tóth Zoltán: *Magyarországi éghajlat-energetikai tanulmányok*
10. Kálmán Edina: *Környezetvédelmi együttműködés az ellátási láncok mentén*
11. Kiss Károly: *Környezetvédelmi adóreform Nyugat-Európában – és néhány hazai vonatkozás*
12. Rákosi Judit – Koskovics Éva: *Az önkormányzati környezetvédelmi közszolgáltatásokat érintő európai uniós szabályozások megvalósításának feltételei*
13. Kiss Károly: *Energiaadók az Európai Unióban (környezetgazdasági elemzés)*
14. Kohlheb Norbert – Pataki György: *A környezetvédelmi felügyelőségek mint street level bureaucracy szerepe a környezetpolitikában*
15. Fonyó Zsolt – Szépvölgyi János – Harangozó Gábor: *A megelőző környezetvédelmi szemlélet térnyerése a hazai vegyiparban*
16. Galli Miklós – Zilahy Gyula: *A tisztább termelés bevezetésének lehetőségei a söriparban*

Előkészületben

Szlávik János: *A helyi – kisregionális szint szerepe a fenntarthatóságban*

Bela Györgyi – Valené Kelemen Ágnes – Pataki György: *Társadalmi részvétel a környezetpolitikai döntéshozatalban*

Borsos Beáta: *Az öcodesign szerepe a vállalati környezetvédelemben*

Valkó László: *A fogyasztói magatartás környezetbarát befolyásolásának lehetséges eszközei és módszerei*