

## A faipari üzemek energiaszükséglete

A tüzelőanyagok elégetésekor keletkező energiának többféle megnyilvánulási formája lehetséges. Így beszélhetünk:

- Meleg levegő előállításról
- Meleg ill. forró víz előállításról
- Gőz előállításról
- Áramtermelésről

Hogy éppen melyik energiafajtára van szükségünk azt a fogyasztók energiaszükséglete határozza meg.

### 1. Fűtési hőszükséglet

#### 1.1. Transzmissziós hőveszteség

Transzmissziós hőveszteség a falakon, ajtókon, tetőn, ablakokon, tehát a fűtött helyiséget körülvevő felületeken át távozó hőből adódik. A transzmissziós hőveszteséget a következő képlettel írhatjuk le:

$$Q_T = k * A * (t_i - t_a)$$

$Q_T$  : transzmissziós hőveszteség (W)

$k$  : eredő hőátadási tényező (W/ m<sup>2</sup> K )

$A$  : helyiség felülete (m<sup>2</sup>)

$t_i$  : belső levegő hőmérséklet (°C)

$t_a$  : külső levegő hőmérséklet (°C)

Ha a külső és belső hőmérsékletet adottnak tételezzük fel, akkor világosan látszik, hogy csak a felület ill. a hőátbocsátási tényező csökkentésével lehet alacsonyabb transzmissziós hőveszteséget elérni. A felület csökkentésének meg vannak a határai ( megfelelő nagyságú hely kell a gépeknek, embereknek ).

A hőátadási tényező csökkentését különböző módszerekkel lehet elérni. Ilyenek pl.: hőszigetelés a felületeken, hideg szellőző levegő falak mellett történő bevezetése stb.

Figyelni kell arra, hogy ez a hőveszteség időben jelentősen ingadozik. Ez az ingadozás nemcsak éves szinten, de napi lefutását tekintve is jelentős. Ezért ennek a hőszükségletnek a kielégítése nem könnyű feladat.

### 1.2. Elszívási, szellőzési hőveszteség

A faipari üzemekben nagyon sok elszívó berendezésnek kell működni. Minél nagyobb az elszívott levegőmennyiség, annál több hőre van szükség a belső hőmérséklet megfelelő értéken való tartásához. Az elszívási hőveszteséget a következő képlettel fejezhetjük ki:

$$Q_L = V \times \rho \times c \times (t_i - t_a)$$

$Q_L$	: elszívási hőveszteség	( W )
$V$	: levegő térfogatáram	( $m^3 / sec$ )
$\rho$	: levegő sűrűsége	( $kg/m^3$ )
$c$	: levegő fajhője	( J/kg K )
$t_i$	: belső levegő hőmérséklet	( $^{\circ}C$ )
$t_a$	: külső levegő hőmérséklet	( $^{\circ}C$ )

Ez az összefüggés azt eredményezi, hogy az elszívott levegő mennyiségét a szükséges minimumra kell korlátozni. A levegő szállításához ezen kívül még jelentős mennyiségű villamos energia is szükséges. A csökkentés lehetőségeit még koránsem merítették ki.

Különösen a gépek levegő elszívásánál lehet még jelentős légmennyiséget megtakarítani. Jelenleg az elszívó berendezések túl nagy elszívási sebességgel dolgoznak ( 25 - 40 m/s ), holott 20-22 m/s sebesség is elegendő lenne. Sokszor olyan berendezéseket is rákapcsolnak az elszívó hálózatra, amelyek azt egyáltalán nem igénylik.

Azoknál a berendezéseknél, ahol a portól és forgácstól megtisztított levegőt visszavezetik, a feleslegesen mozgatott levegőmennyiség csak alig van hatással, ugyanakkor az áramfogyasztásra annál inkább. Ha a levegő visszavezetés valamilyen rendelkezés miatt nem lehetséges (pl. a por esetleges rákeltő

hatása miatt stb.), akkor indirekt hővisszanyerési eljárásokat kell alkalmazni a hőveszteség csökkentése céljából.

Gyakran lehetséges a gépeket és az elszívó berendezéseket úgy kapcsolni, hogy a szükséges elszívott és az odavesztett levegő a munkatérén kívüli tereket ne érintse, így az elszívott levegő mennyiségét csökkenteni lehet.

Vannak olyan technológiák, ahol a keletkezett anyagokat (pl. oldószer-gőzöket, lakk részecskéket stb.) mindenképpen teljesen el kell távolítani. Ez esetben a hő csak nehezen nyerhető vissza, ekkor tehát az elszívott levegő mennyiségét kell csökkenteni.

### 1.3. Használati melegvíz

A szükséges melegvíz általában nem túl magas hőmérsékletű (kb. 60 °C), ezért az előállításához sem szükséges túl magas hőmérsékletű közeg. A használati melegvizet általában a műszak végén, tehát nem folyamatosan használják, ezért szükséges valamiféle tároló beépítése.

Az alacsony hőmérséklet, a tároló megléte és a többi fogyasztóhoz képest viszonylag kis hőszükséglete miatt melegvíz termelésre általában a veszteség hőket szokták alkalmazni. (pl. a kazánok és a hő igénylő technológiák veszteség hőjét), de lehet külön fűtőteljesítményt is beépíteni a melegvíz előállítására céljából.

### 2. Technológiai hőszükséglet

Ebben a részben azok a faipari technológiák, berendezések kerülnek ismertetésre, amelyekhez hőenergiára van szükségünk. Az ebben a fejezetben található táblázatok adatai nem általános érvényűek, hanem csak tájékoztató jellegűek.

## 2.1. Fűrészárú szárító

A fűrészárú szárítás az elmúlt években egyre jobban előtérbe került. A fűrészüzemek, tömörfa feldolgozó üzemek és a fakereskedők olyan berendezéseket üzemeltetnek, amelyeknek az építési módja és nagysága figyelemre méltó sokoldalúságot mutat. A fűtőberendezések kiválasztása és különösen a méretezése nem választható külön a hőtermelő berendezéstől.

A fűrészárú szárító berendezést ajánlók a fajlagos hőszükséglet kifejezéssel tartózkodóan bánnak. Ez végül is érthető, hiszen különösen az induló fázisban alacsony külső hőmérséklet, hideg fa és magas nedvességtartalom esetén nagyon nagy hőteljesítmény szükséges a felmelegítésére. A konkrét kialakítás végül is a megengedhető felfűtési időtől függ. Minél rövidebb felfűtési időt választanak, annál nagyobb hőteljesítményt kell beépíteni, míg a tulajdonképpeni szárítási fázis energiaigénye a névleges teljesítmény 25 - 30 %-ra csökken.

Durva számítások szerint a konvekciós szárításnál a következő maximális hőteljesítmény beépítésére kell törekedni:

lombos fa	2,5 - 8 kW/m <sup>3</sup>
tülelevelű fa	9 - 14 kW/m <sup>3</sup>

Egy elemzésből adatokat szereztek a fűrészárú szárítás energiaigényéről. Ezek a tájékoztató jellegű számok, amelyek az üzemeltető adatain alapulnak, alátámasztják a fűrészárú szárítás energiaszükségletének említett nagy ingadozási tartományát. Ezek a különböző paraméterektől mint pl. fafajta, deszkavastagság, kezdő és végső fanedvesség, és még sok egyébtől függnek. Valószínűleg ezen a területen még jelentős megtakarítási lehetőségek léteznek.

A fűrészárú szárító és a fűtőfelületei kialakításánál nagy gondossággal kell eljárni. Különösen a fenyő fűrészárú szárításnál javasolt a hővisszanyerés. A veszteségköltségek magasak, a megtakarítási módszerek viszont egyszerűek. Ezekben a berendezésekben rendszerint a magas felfűtési igényt nem érdemes csökkenteni, hiszen ez csak kis hasznot hoz.

Fejlődőben vannak azok a különböző hővisszanyerő technikák amelyek több szárítókamra összekapcsolásával vagy a friss levegő előmelegítésével kapcsolatosak. A magas

energiaköltségek miatt ezek a kapcsolt rendszerek gazdaságosak lehetnek. Korlátozott hőtermelő kapacitás mellett érdekes lehet a részleges hővisszanyerés.

A fűrészárú szárítás energiaigénye:

Energiaszükséglet a száraz fűrészárú m <sup>3</sup> -ére	tűlevelű fa kWh/m <sup>3</sup>	lombos fa kWh/m <sup>3</sup>
termikus	120 - <b>355</b> - 810	140 - <b>480</b> - 1260
elektromos	5 - <b>25</b> - 80	8 - <b>33</b> - 165
összesen	<b>380</b>	<b>513</b>

## 2.2. Hőprések

Hőpréseket a faiparban nagyon különböző feladatokra építenek. Hőszükségletük általában alacsony.

A teljesítményigény pl.a

- folyamatos furnérprés 2600 x 2000 mm méretnél 200 kW
- forgácslap prés 12600 x 2600 mm -nél 1200 kW

Itt is vannak lehetőségek arra, hogy a hőfogyasztást megfelelő hőszigeteléssel, és jó szabályozással csökkentsek. A fűtőközeg szükséges előremenő hőmérsékletének (a technológiai igényektől függően 80 és 250 °C között) jelentős befolyása van a sugárzási veszteségekre, ezért nem szabad a szükségesnél magasabb hőmérsékletet választani.

## 2.3. Furnérszáritó

A furnérszáritók azért különleges hőfogyasztók, mert viszonylag magas hőmérséklet-tartományban ( 160-190 °C szárítási hőmérséklet\* ) kell dolgozniuk. A hőellátást ezért, amennyiben az forró víz közeggel történik, csak nagynyomású kazánal lehet elérni. Mivel a nagynyomású berendezések a kisnyomásúakkal szemben 30-50 %-al drágábbak, a lehetséges optimalizálást ill. fogyasztás csökkentést alkalmazni kell, ha egy

új kazánberendezést akarunk beszerezni, vagy egy régit felújítani.

A szárító fűtőteljesítményének néhány százalékos csökkentése az 1-2 MW-os tartományban már jelentős beruházási költség-megtakarítást jelenthet egy új kazán beszerzésénél. A furnérszárítókat ezért különösen jól kell szigetelni, nagyon jól tömíteni, a hőhidakat megszüntetni és optimálisan szabályozni.

Az utolsóként említett pontra még mindig túl keveset figyelnek. Míg a manuális szellőzőlevegő csappantyú beállítás esetén a szellőző levegőhöz esetleg egy alacsony 80 g/kg nedvességtartalmú száraz levegő keveredik, addig az automatikus szabályozásnál ez az érték 150-200 g/kg.

A frisslevegő szükséglet ezáltal kevesebb mint felére csökkenhet. Egy 2,5 m<sup>3</sup>/ó furnérteljesítményű szárítónál a fent említett okokból mint egy 175-200 kW teljesítményigény csökkenés jelentkezik pusztán a szellőző levegő miatt. Mintegy 100 - 150 kW teljesítményt takaríthatunk meg egy hővisszanyerő berendezés beépítésével is.

Energiaszükséglet 1m <sup>3</sup> furnér előállításához	elektromos energia igény kWh/m <sup>3</sup>	termikus energia igény kWh/m <sup>3</sup>
kéregtelenítés	6 - <b>44,7</b> - 75	
gőzölés	6 - <b>8,4</b> - 14 34 - <b>90,6</b> - 166	266 - <b>548</b> - 1400
szárító	13 - <b>73</b> - 170	650 - <b>1437</b> - 2580
egyéb fogyasztók beleértve a helyiségfűtést és a vesztéséget is	16 - <b>103,3</b> - 190	<b>89</b> (fűtés) <b>691</b> (vesztés)
összesen	120 - <b>320</b> - 420	2070 - <b>2765</b> - 4270

#### 2.4. Forgács és szálás rostanyag szárító

A forgácsszárító a forgácslap, és a rostanyag szárító az MDF lap ( közepes keménységű farostlemez ) készítésében a nagy

hőfogyasztók. Amíg a rotszárításhoz a szárító indirekt fűtését egy gőz vagy forró víz fűtésű hőcserélővel oldjuk meg, addig a forgácsszárítást főként közvetlen fűtéssel. Vannak ún. csököteges szárítók is a forgácslap iparban. Ha a szükséges hő egy kapcsolt hő ill. villamos energia termelésből származik, akkor ajánlott a csököteges szárító.

Ennek a rendszernek előnyei a következők:

- kedvező árú portalanítás lehetséges a csekély mennyiségű levegő átvezetés miatt
- kis károsanyag emisszió az alacsony szárítási hőmérséklet miatt
- alacsony fajlagos energiaszükséglet az áram és hőfogyasztásnál

Energiaszükséglet 1 m <sup>3</sup> nyers forgács előállításához	elektromos energia igény kWh/m <sup>3</sup>	termikus energia igény kWh/m <sup>3</sup>
kéregtelenítés, forgács-előkészítés/szárítás	21,3 - <b>39,2</b> - 60,3	
szárítás	16,2 - <b>32,9</b> - 61,3	201 - <b>342</b> - 580
ragasztóanyag felhordás formaadás	3,4 - <b>8,1</b> - 12,4	
prézelés	4,9 - <b>15</b> - 27,4	58 - <b>116</b> - 176
csiszolás	9,1 - <b>20,9</b> - 26,1	
egyéb fogyasztók,	1,7 - <b>12,9</b> - 28	<b>80</b>
kazánház ,fűtés , a hőtermelés és elosztás veszteségei		66 - <b>152</b> - 195
összesen (adagolás nélkül)	88 - <b>129</b> - 174	300 - <b>690</b> - 884
adagolás	14,5 - <b>24,2</b> - 36,5	73 - <b>156</b> - 320

A közvetlenül fűtött szárítóknál három berendezés típust különböztetnek meg. Ezek a fűvóka, a dobos és az áramlásszáritó. Az egyes berendezések fajlagos hőszükséglete 1100-1350 kWh/kg elpárologtatott víz között ingadozik ( 15-20 t/h elgőzölögtetés mellett ez a teljesítményigény 27 MW-ig terjed ).



## **A fahulladékok energetikai hasznosításának lehetőségei**

### *1. A fahasznosítás lehetőségeinek áttekintése*

#### - Elégetés

Az elégetés problémáival a továbbiakban részletesen foglalkozom majd.

#### - Elgázosítás

Az elgázosítás technológiáját még a második világháború alatt fejlesztették ki. A háború után továbbfejlesztették ezeket a berendezéseket, de a piacon nem terjedtek el olyan mértékben, mint a fatüzelő berendezések.

Az elgázosított fát használják azonban:

a.) hajtógáznak robbanómotorok számára, villamos energia termelésre

- hagyományos motorok járműipar területéről

- kétféle tüzelőanyag üzemére szerkesztett motorok (gáz fából + benzin vagy dízel olaj)

b.) fűtőgáznak, (speciális égővel elégetve hőhasznosító kazánba lehet vezetni)

c.) haszonjárműben való hasznosítás (pl. traktor)

#### - Pirolízis

A faanyagot levegő hozzákeverése nélkül hevítve bomlási folyamat indul meg, amelynek során a köv. termékek jönnek létre:

- tiszta, éghető gáz

- barna, erős kátránytartalmú olaj

- faszén

#### - Cseppfolyósítás

A pirolíziskor leválasztott kátránytartalmú olajból polimerizációval műanyagot, termikus polimerizációval benzint, hidrogénezéssel, alkohol tartalmú tüzelőanyagot (pl. metanol) állíthatnak elő.

## 2. A fatüzelő berendezések

A fatüzelő berendezések kínálata olyan bőséges, mint a tüzelőanyag maga. A következőkben a legfontosabb alkalmazott rendszereket ismertetem.

### 2.1. Befűvő tüzelés

A befűjő tüzelés már évtizedek óta ideális megoldásnak számít a forgács és a por energetikai hasznosításában. A tüzelőanyagot vagy közvetlenül egy acélrostély fölé, vagy akár egy darabos fát is adagoló padló alatti tüzeléssel egyidejűleg is be lehet fűjni.

A szigorodó környezetvédelmi előírások miatt mindkét változatnál jelentős problémák vannak a tökéletlen égés miatt, ami legtöbbször a nagyon magas hordozó levegő arányával és a túl hideg tüztérrel magyarázható.

Van azonban néhány olyan befűjő tüzelőberendezés is, amely már több mint húsz éves és még ma is igen alacsony kibocsátott CO értékek érhető el vele a füstgázban. Arról a berendezésről van szó, amelynél a hordozó levegőt magas, vagy közepes nyomású szállítóberendezéssel a minimumra csökkentik, és az égési levegőt kettő vagy több részre osztva vezetik be.

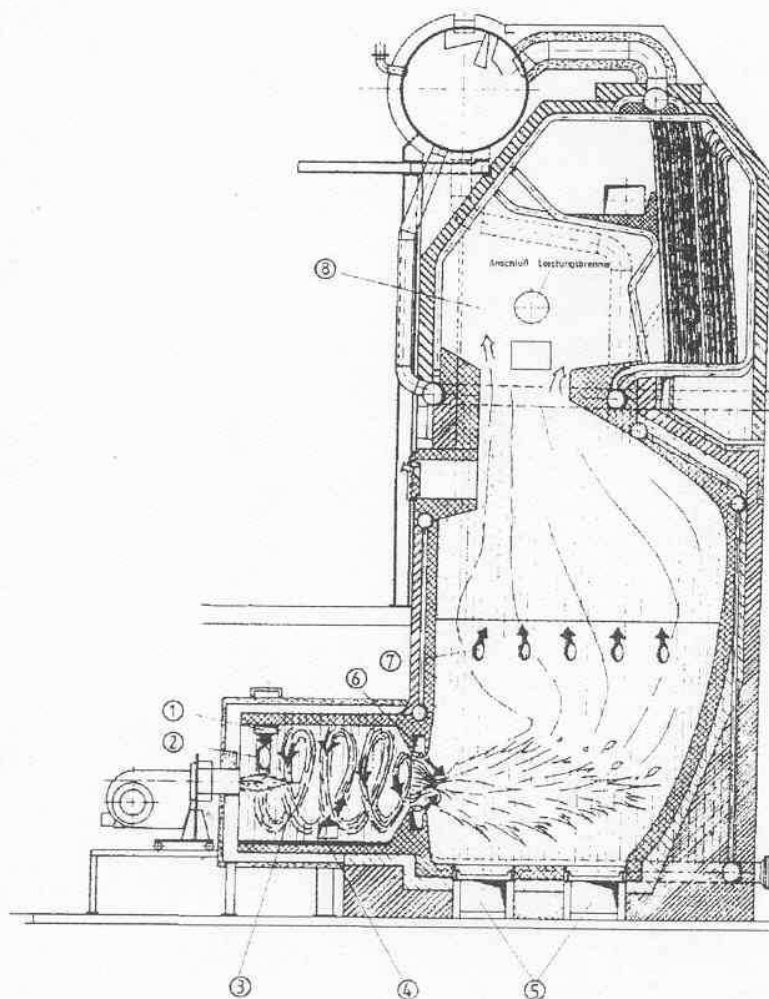
Ezek a berendezések az utána kapcsolt égőtér ciklon formájú égetőkamrájának tangenciális tüzelőanyag adagolásával tűnnek ki.

Az ilyen berendezésben mért legutóbbi mérések azt mutatják, hogy ez különösen a magas portartalmú tüzelőanyag számára jelent egy környezetet nem szennyező megoldást.

A nagyon alacsony CO és összes C-tartalom, a gyors szabályozhatóság és a csekély tüzelőanyag arány a tüztérben, további előnyei ennek a megoldásnak.

A füstgáz visszavezetésével, ami ennél a berendezés típusnál ideális módon valósítható meg, alacsony  $\text{NO}_x$  koncentráció érhető el a füstgázban.

A 2.sz. ábra egy modern befűjő tüzelés felépítését mutatja egy besugárzott kazánban.



- |                                  |                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Primer levegő bevezetés       | 5. Kihamuzás                          |
| 2. Forgács beadagolás            | 6. Szekunder levegő bevezetés         |
| 3. Elgázosítás és részleges égés | 7. Tercier levegő bevezetés           |
| 4. Füstgáz bevezetés             | 8. Rendelkezésre álló vízcsöves kazán |

2.sz. ábra Befűjő tüzelés vízcsöves kazánba

A berendezés teljesen automatikusan és felügyelet nélkül működik. A teljesítmény, a fokozatmentesen állítható folyamatosan mért tüzelőanyag hozzávezetéssel és a fordulatszám-szabályozó hajtással az égési levegő ventilátorhoz, és a szívóhuzat moduláló gőzsükséglethez van igazítva.

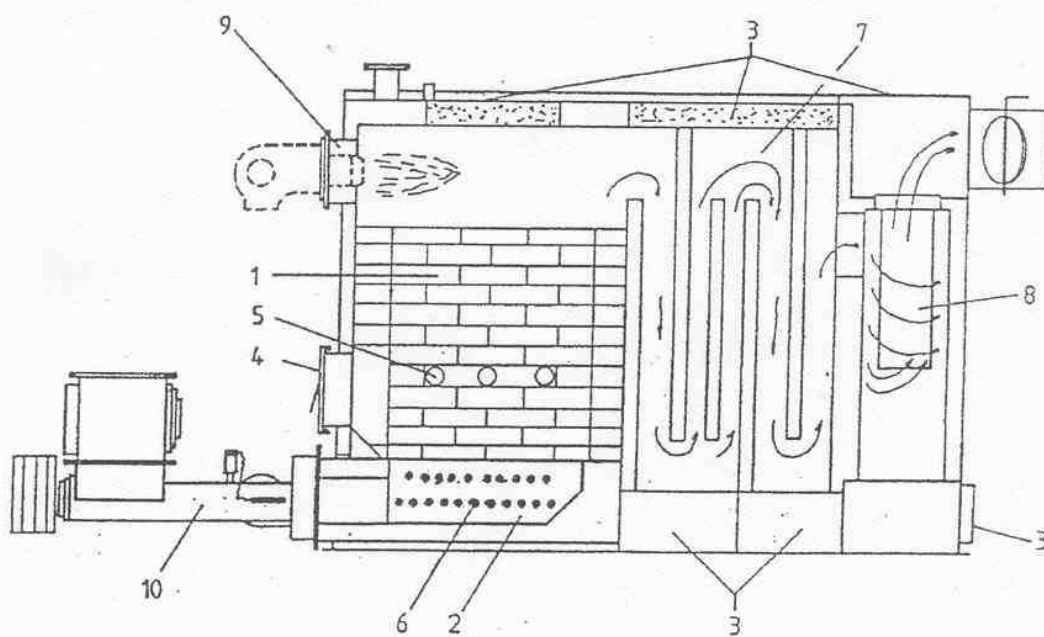
Nagy fűtőértékű forgács betevésénél a felső tüztér hőmérsékletének utóhűtéssel és füstgáz visszavezetéssel történő határolása fontos. A hamu olvadáspontját ( 1250 °C felett ) túllépve salakolvadás lép fel, aminek eltávolítása csak a samottbélés idő előtti összetörésével lehetséges.

## 2.2. Alátoló tüzelés

Az alátoló tüzelés diadalmenete mint egy tíz évvel ezelőtt kezdődött. A durva és nem túl nedves tüzelőanyagok, valamint a kisebb tüzelési teljesítmények számára ( 5 MW -ig) az alátoló tüzelés továbbra is megőrzi elsőbbségét, ha a berendezéseknél ügyelnek a tüzelőanyagnak a tüztérbe való megfelelő bevezetésére.

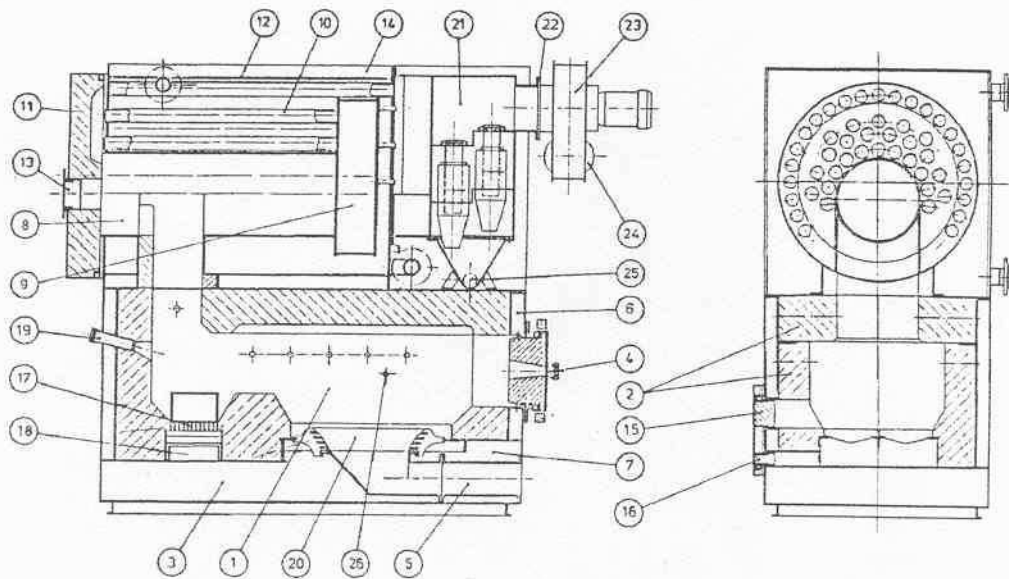
Nehézségek akkor lépnek fel, ha a tüzelőanyag portartalma 50 % felett van. Ez nagyon könnyen ellobbanáshoz vezethet. Döntő azonban, hogy túl magas finom-por tartalomnál az égési levegő egyenletes elosztása a teknőben már nem lehetséges, és az égésminőség erősen csökken. ( Egy alátoló tüzelést mutat ciklonos porleválasztással és behelyezett fűtőgödővel a 3.sz. ábra )

Az alátoló tüzelés alkalmazhatóságát kb. 50 % max. portartalomban korlátozzák.



- |                                      |                            |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 1. tüztér speciális samottfalazattal | 6. primerlevegő-csatorna   |
| 2. elgázosító tüzteknő               | 7. hőhasznosító            |
| 3. tisztítónyílások                  | 8. füstgáztisztító         |
| 4. tüztérajtó                        | 9. olajégő ( választható ) |
| 5. szekunderlevegő-csatornák         | 10. alátoló egység         |

3.sz. ábra Alátoló tüzelés



- |                                               |                                  |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Égetőkamra                                 | 14. Szigetelés badog burkolattal |
| 2. Falazat                                    | 15. Rostélyajtó                  |
| 3. Rostély                                    | 16. Korom kiszedő ajtó           |
| 4. Tisztító ajtó betekintővel                 | 17. Kiegészítő rostély           |
| 5. Tüzelőanyag bevezetés                      | 18. Hamu tároló edény            |
| 6. Szekunder levegő csatorna                  | 19. Nézőke                       |
| 7. Primer levegő csatorna                     | 20. Rostélykészlet tűzteknővel   |
| 8. Kazán lángcső                              | 21. Füstgáz portalanító          |
| 9. Füstgázfordító kamra                       | 22. Nyomáshiány szabályozó       |
| 10. Füstcső                                   | 23. Füstgáz ventilátor           |
| 11. Tisztító ajtó, samottbelésű fordító kamra | 24. Füstgáz kilépés              |
| 12. Kazánköpeny                               | 25. Hamuszállító csiga           |
| 13. Csatlakozó perem az olajégőhöz            | 26. Tüztérhőmérséklet ellenőrző  |

4. sz. ábra. Alátoló tüzelés az égetőkamra után elhelyezett rostéllyal

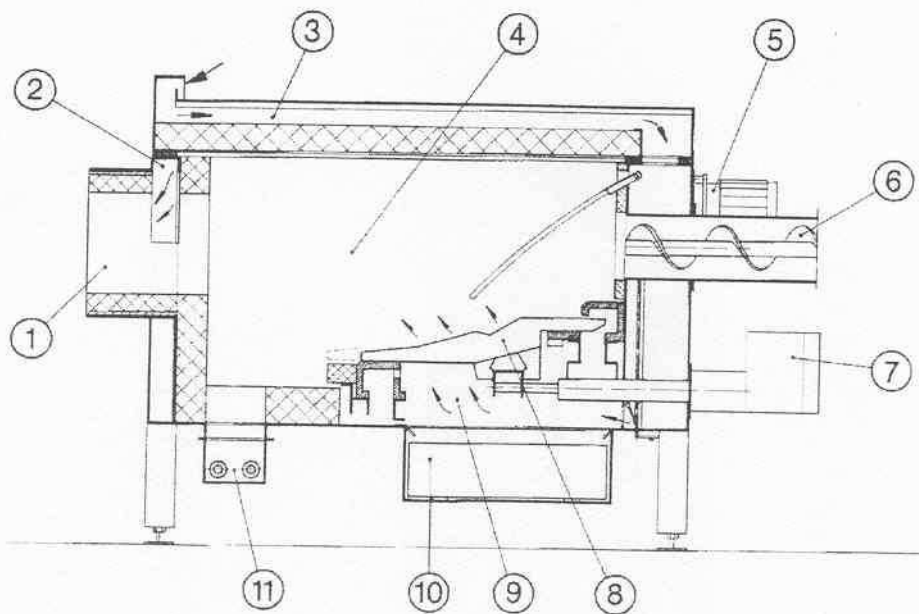
Ezeket a berendezéseket a gyártók általában 10 (15) - 90 (100) % nedvességtartalmú fahulladék tüzelésére ajánlják.

Az alátoló tüzelés hátránya a rostély tüzeléssel szemben talán a nehézkes kihamuzás, ami alkalmas mechanikus megoldás hiányában legtöbbször kézzel történik.

Néha problémák lépnek fel a nagyon száraz forgács beadagolásakor (magas fűtőérték) mégpedig a hamu olvadáspontjának túllépése miatt megemelkedett salakképződés formájában.

Egy égetőkamra után elhelyezett rostéllyal (ilyen berendezést mutat a 4. sz. ábra) ezt a hátrányt csak feltételesen lehet megszüntetni. Ahhoz, hogy a gáz az égőtérben való





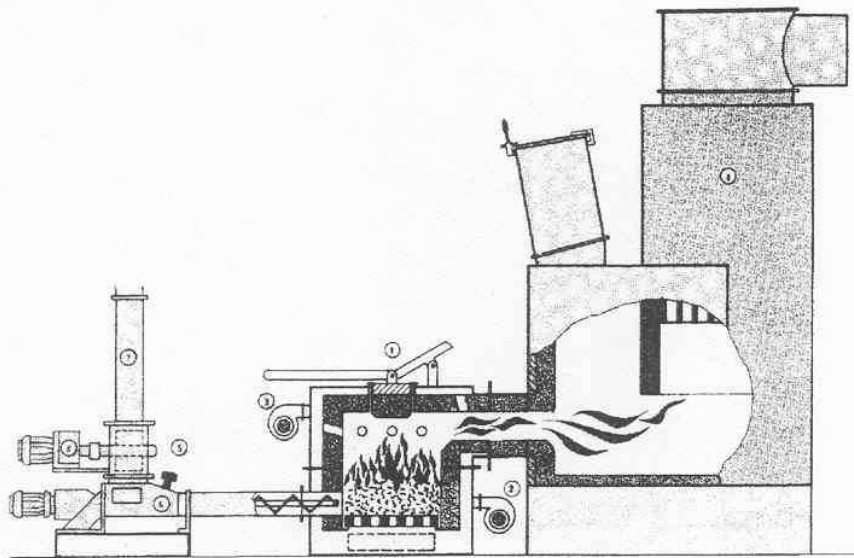
- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. reaktor lángcsatorna         | 7. a szállítórostély hajtása       |
| 2. szekunderlevegő hozzavezetés | 8. rostélyelem                     |
| 3. levegő előmelegítés          | 9. primer levegő                   |
| 4. elgázosító tér               | 10. a szállítórostély hamutartálya |
| 5. beépített reaktor-ventilátor | 11. hamueltávolító csiga           |
| 6. tüzelőanyag beadagoló csiga  |                                    |

5. sz. ábra Pirolizis tüzelés ( előkemence )

A rendszer előnye, hogy a tüzelőberendezés külön egységet képez, ezért egy már meglévő kazánhoz is illeszthető.

Ezek a berendezések megfelelő kialakítás esetén nagyon jó CO emissziós értéket mutatnak. Ez abból adódik, hogy itt nagyon magas lánghőmérséklettel dolgoznak, ami a szénhidrogén vegyületek elégéséhez szükséges reakcióidőt jelentősen lerövidíti.

Egyik hátránya ennek a tüzelési módnak a legtöbbször igen magas nitrogénoxid koncentráció (pl. forgácslap-forgács adagolásakor) ami a magas lánghőmérséklet következménye.



- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1. előkemence              | 5. tűzoltó-berendezés  |
| 2. primerlevegő befűvás    | 6. forgócellás adagoló |
| 3. szekunderlevegő befűvás | 7. ejtőeső             |
| 4. alátoló csiga           | 8. kazán               |

6.sz. ábra Pirolízis tüzelés kazánnal

#### 2.4. Rostélytüzelés

A rostélytüzelés nyújtja a berendezések megfelelő kialakítása esetén a legszélesebb felhasználási lehetőséget a famaradékok energetikai hasznosítására. Az előzőekben említett berendezés -változatokkal szemben a rostélytüzelés megengedi az összeapritatlan darabos fahulladék és a nagyon nedves anyagok ill. kéreg tüzelését is.

A különböző felhasználási területekre különböző típusú rostélyokat szerkesztettek. Vannak álló és mozgó rostélyok (előtoló rostély), síkrostély és ferde rostély, hűtött és nem hűtött rostély.

A síkrostélyos kialakítást pl. finomszemcsés tüzelőanyag tüzelésekor alkalmazzák. A ferde rostélyos tüzelés darabos hulladék tüzelését is lehetővé teszi. Száraz tüzelőanyag esetén hűtött rostély alkalmazása szükséges, míg nedves anyagnál nem.



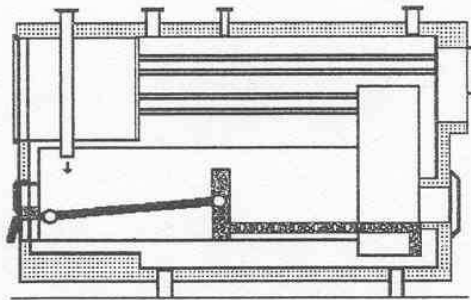
A kéreg magas hamutartalma a rostély nélküli hulladék tüzelésnél (pl.alátoló tüzelés) problémákhoz vezet, hiszen a hamu nagy tömegét már nem tudják a retortából kihordani.

Síkróstélyos tüzelés:

Ennek a tüzelési módnak az alkalmazása viszonylag száraz tüzelőanyagoknál ( max.20% nedvesség ) lehetséges és lehetővé teszi a fapor, finomforgács, a fűrészpor és a faapríték legkisebb szeleteinek eltüzelését is.

Ebben az esetben a tüzelőanyagot lényegében egy befűvőfejen keresztül fújják a síkróstély feletti térbe, ahol spirál alakban végighaladva, az ott tartózkodási idő alatt majdnem teljesen elég.

A nagyobb darabok , amelyek a repülés során nem égnek el, a síkróstélyra hullanak és ott égnek el.



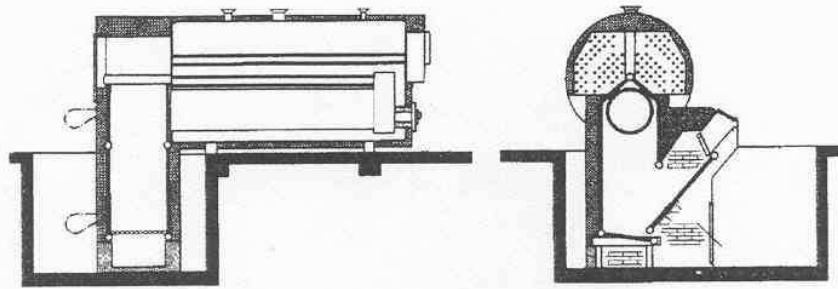
7. sz. ábra Síkróstélyos tüzelés

Ferde-rostélyos tüzelés:

Egy ilyen tüzelőberendezésbe mindenfajta fahulladék berakható.

Mindenek előtt akkor használják, ha nagyobb fadarabokat kézzel akarnak beadagolni.

A ferde rostély vízzel hűtött csövekből áll, ráhegesztett rostélylemezekkel . ( 8. sz.ábra )



8.sz. ábra Ferde-rostélyos tüzelés

Az égés a ferderostély lemezek alsó tartományában megy végbe, miközben a még nem teljesen kiégett rész az ugyancsak vízhűtésű síkrostély elemekre hull és ott teljesen kiég. A falazat minden oldalról vízzel hűtött.

A hiányzó gyújtóboltozatot lángvisszasugárzóval helyettesítik. Egy gyújtóégő beépítése oldalról lehetséges.

A faliszt, forgács és az apríték befújása ill. beszórása is lehetséges.

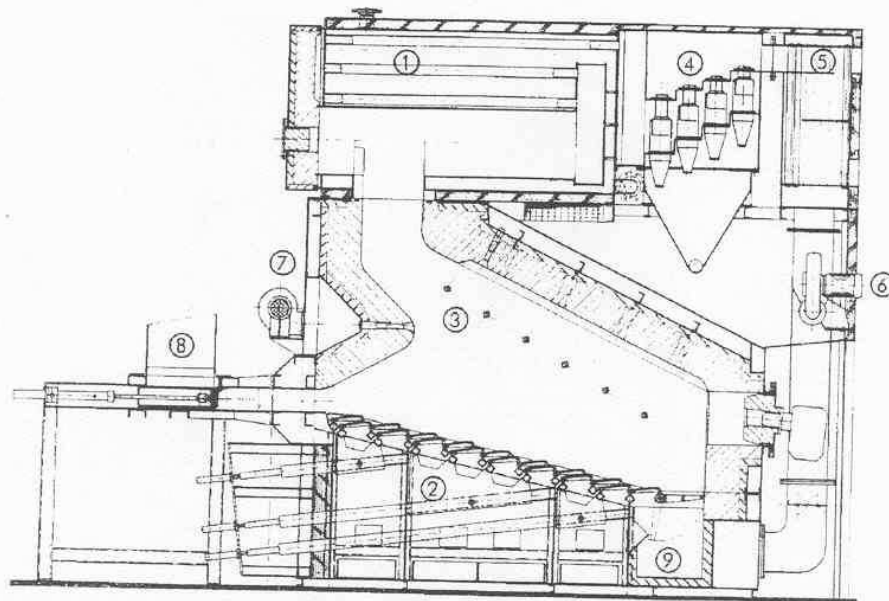
Előtoló-rostélyos tüzelés:

Az előtolórostélyos tüzelésnél a hamu nagyobb része átesik a rostélyon és automatikusan elszállítják. Ez a tüzelési mód elsősorban a nedves és vizes fa tüzelésére alkalmas ( 9. sz. ábra). A tisztán csúsztatott adagolásnak köszönhetően az idegen testek kis része, mint pl. a kövek nem okoznak problémát.

Ennél a tüzelésnél az égés pótlólagos helyi szétválasztása is megfigyelhető a különböző fázisokban.

Az előtoló rostély elején főként a száradás megy végbe, a rostély közepén a kigázosodás az éghető gázok ezt követő oxidációjával, és végül a faszén oxidációja.

Nehézségek különösen a nagyon finom és száraz tüzelőanyag beadagolásánál vannak (agyagképződés, rostélykárosodás a túlhevülés miatt, elégetlen anyagok átjutása a hamutérbe).



- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Forró víz kazán      | 6. Primer levegő ventilátor    |
| 2. Zóna-előtoló rostély | 7. Szekunder levegő ventilátor |
| 3. Tüztér               | 8. Adagoló berendezés          |
| 4. Porleválasztó ciklon | 9. Kihamuzó                    |
| 5. Levegő előmelegítő   |                                |

9. sz. ábra Előtoló-rostélyos tüzelés

A konstrukciós kialakítással megpróbálták a kigázositást és az utóégetést helyileg szétválasztani. A primer levegőt a rostélyon keresztül vezetik, míg a szekunder levegőt a rostély fölé az utánégető kamra elé.

Ennek a tüzelésnek még egy konstrukciós részlete említhető meg. A ventilátor a levegőt a szigetelés és a külső fedél között szívja be. Ez egyrészt az égési levegő felmelegedését okozza, másrészt ezáltal az áramlási veszteségek csökkenthetőek.

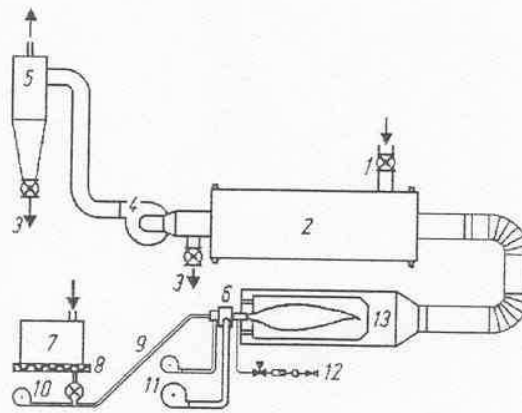
Ahhoz, hogy az előírásoknak megfelelő levegőtisztasági értékeket betartsák, egy megfelelően nagyra méretezett jól szigetelt tüztérre van szükség. Ugyanakkor figyelni kell arra is, hogy az agyagképződést elkerüljék.

Egy mechanikus rostélytüzelő berendezés beruházási költsége 2-3-szor nagyobb az eddig említett rendszereknél. A tüzelés kiválasztásánál ezért a gazdaságossági szempontokat is feltétlenül figyelembe kell venni.

## 2.5. Porégő

Egy nagyon speciális fajtája a fatüzelésnek a faporégő, amit csak 0,5 mm élhosszúság alatti részecskék tüzelésére alkalmaznak.

Ez az égő, amit gyakran forrógáz előállítónak kapcsolnak a forgácsszárító elé, legtöbbször egy centrálisan elrendezett gyújtó és kiegészítő égővel dolgozik együtt (olaj, gáz). Az ilyen berendezések évek óta bizonyítanak, és speciális követelményekre egy mindenképpen olcsó és technikailag érdekes megoldást jelentenek.



- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. Nedves forgács beadagolás | 8. Adagolás                   |
| 2. Szárítás                  | 9. Pneumatikus szállítás      |
| 3. Forgács kihordás          | 10. Hordozó levegő ventilátor |
| 4. Szívó ventilátor          | 11. Égési levegő ventilátor   |
| 5. Porleválasztó ciklon      | 12. Gáz csatlakozás           |
| 6. Kombinált égő             | 13. Égetőkamra                |
| 7. Tároló                    |                               |

10. sz. ábra Porégő

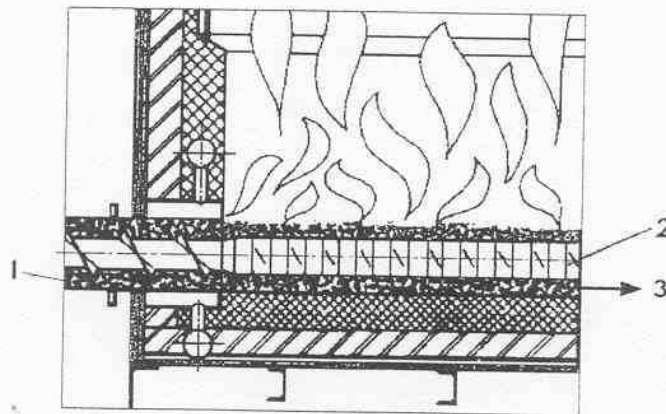
## 2.6. Csigarostélyos tüzelés

A csigarostélyos tüzelés egy különleges tüzelési mód, ami homogén és nem túl nedves tüzelőanyag esetén nagyon jól alkalmazható.

Ennek a tüzelési módnak az előnye a teknős alátoló tüzeléssel szemben az egész tüztérben forgó rostélycsiga automatikus kihamuzásában rejlik. Az égési levegőt a csigavonalon és az üreges csigalapátokon (nem csigaspirál)

keresztül fújják be a tüztérbe. Ezáltal az éghető gázok és az égési levegő kívánt keveredése, valamint a csiga hűtése egyidejűleg valósul meg.

Ingadozó nedvességtartalmú anyag tüzelésére a csigarostély tüzelés nem alkalmas, mivel egy meghatározott nedvességtartományra, és világosan definiált forgácsanyagra van optimálisan beállítva.



1. Forgács bevezetés
2. Rostély csiga
3. Kihamuzás

11. sz. ábra Csigarostélyos tüzelés

## 2.7. Aknás tüzelés

Az aknás tüzelés alsó kiégéssel megfelelő kialakítás a viszonylag száraz darabos fa, és a faanyag hulladékok környezetbarát módon való eltüzelésére.

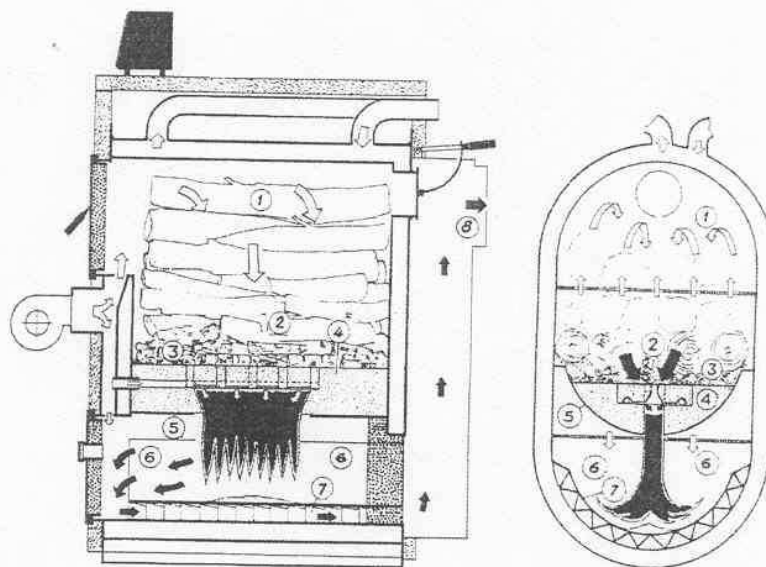
A töltő (tároló) aknában, ahová egy zsilipen keresztül történik az adagolás, játszódik le az elgázosodás. Az akna alsó végén van az égőzóna. A zárt tüztérben keletkező depresszió biztosítja, hogy minden gáz az égőzónán menjen keresztül, és ott a rostélyon keresztül jövő oxigénnel összekeveredjen.

Az aknás tüzelés nem alkalmas részterhelésen való üzemeltetésre. Részterheléskor csak az égés levegőmennyiségét

tudjuk csökkenteni, a tüzelőanyag adagolását nem. Ennek az a következménye, hogy a kigázosodás mértéke alig csökken (ehhez már 200 °C hőmérséklet is elég), de a teljes elégéshez szükséges levegőt nem biztosítjuk. Az éghető gázok így felhasználatlanul távoznak a füstgázzal, ezáltal növelik a berendezés által kibocsátott káros anyagok mennyiségét, valamint rontják az égés hatékonyságát.

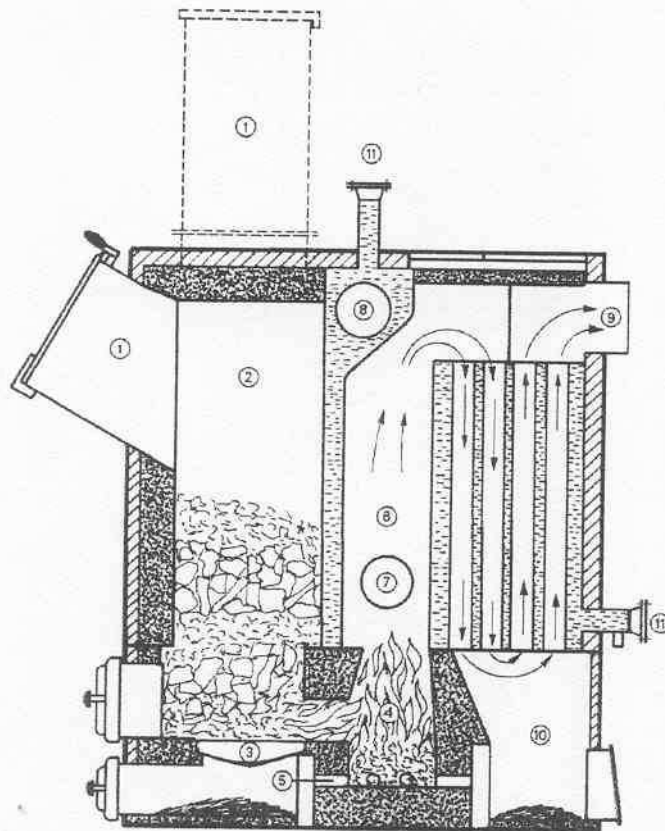
Az aknás tüzelési módnak azonban több előnye is megmutatkozik. Az egyik ezek közül a viszonylag egyszerű, olcsó kialakítás. További előny még az aprítás szükségtelenségéből adódó költségmegtakarítás. Kisebb teljesítmények számára,

(pl. 50 KW-ig) az alsó kiegészű aknás kazán gyakran az egyetlen praktikus megoldás. Különböző aknás tüzelés kialakításokat mutat a 12. és a 13. sz. ábra.



- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. Tüzelőanyag tároló tér | 5. Száradási zóna               |
| 2. Elgázosító zóna        | 6. Égőkamra                     |
| 3. Égő zóna               | 7. Fűtőfelület                  |
| 4. Tűzálló samottbélés    | 8. Füstelvezető-cső csatlakozás |

12. ábra Kézi adagolású darabosfa tüzelő aknás kazán



- |                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Töltőnyílás             | 7. Égő csatlakozási perem      |
| 2. Töltőakna               | 8. Túlmelegedés elleni védelem |
| 3. Rostély a darabos fához | 9. Füstcső                     |
| 4. Alátoló tüzelés         | 10. Hamu kiürítő kamra         |
| 5. Égési levegő            | 11. Víz be és kivezetés        |
| 6. Vízmelegítő             |                                |

13. ábra Kézi adagolású darabosfa tüzelő aknás kazán

### *Kazánberendezések ( hőcserélő rész)*

Az alkalmas kazánberendezések fejlődésének kezdetén a faipar rendelkezésére csak az egy huzamú bordáscső -/lángcsöves kazán állt, a tüzelésből származó hő nagyon rossz kihasználásával. A távozó füstgázhőmérséklet 300-400 °C volt, és a magas oxigéntartalom a füstgázban gyakran csak 50-60 %-os hatásfokot eredményezett. Bár még ma is üzemben vannak ilyen fajtájú kazánok, az utóbbi évtizedekben új berendezéseket fejlesztettek ki.

## 1. Háromhuzamú füstcsöves kazán

A háromhuzamú füstcsöves kazán a tüzelésből származó hőt azáltal hasznosítja optimálisan, hogy ez a kazán, mint a neve is mutatja, a füstgázt vízszintes irányban háromszor vezeti keresztül magán. Az alsó huzam legtöbbször nagy átmérőjű lángcső (500 mm felett), míg a következő huzamban sok, kis átmérőjű, vízzel hűtött (kb. 80 mm átmérőjű) cső található. Jellemző erre a kazántípusra az első és hátsó fordulókamra a füstgáz számára, és tisztítás esetén a füstcsövekhez való jó hozzáférhetőség. (Az első és hátsó fordulókamra ajtókat kinyitják, és a csöveket egy hosszú kefével tisztíthatják.)

Háromhuzamú kazánt alacsony nyomású (pl. melegvíz kazán) és nagy nyomású kazán (gőz, víz) kialakításban is építenek. A háromhuzamú kazán alkalmazhatóságát 30-32 bar nyomásra korlátozzák. Az összes kazántípus közül leginkább ezt az építési módot alkalmazzák, mert egyszerű, sokoldalú és ugyanakkor gazdaságos is. Különleges előnyt jelent sok esetben a nagy víztérfogat és az ezzel együttjáró viszonylagos érzéketlenség a teljesítmény-ingadozásokkal szemben. A háromhuzamú kazán lassú a felfűtési és szabályozási tulajdonságait tekintve.

## 2. Háromhuzamú vízcsöves kazán

A háromhuzamú vízcsöves kazánoknál, amelyeket túlnyomórészt alacsony nyomástartományra és kisebb teljesítményre építenek, a fűtendő víz a csövekben található és ezt áramolja körül a forró füstgáz.

Ebben a típusban a tüzelőberendezést a hőcserélőkkel nagyon kompakt módon építették egybe, és ezért könnyen elhelyezhető az üzemben. Hátránya a füstcsöves változattal szemben a hőcserélő felületek sokkal nehezebb tisztítása.

## 3. Vízcsöves (membránfalas) kazán

Egy további a faiparban gyakran alkalmazott kazán változat a klasszikus vízcsöves (membránfalas) kazán függőleges vízátfolyású csövekkel, mint hőcserélő felületekkel. Különösen a



30 bar feletti üzemi nyomásoknál alkalmazzák ezt a kazánépítési módot a fatüzelésben. Döntő hátránya a háromhuzatú kazánal szemben a jelentősen nagyobb ára, valamint a viszonylag kicsi víztérfogat miatti nagyobb érzékenysége a teljesítmény-ingadozásokkal szemben.

#### 4. Termoolaj kazán

A termoolajnak, mint hőhordozónak a faiparban való széleskörű alkalmazhatósága azáltal nyílt meg, hogy magas forráspontja miatt ( 350 °C felett ) az üzemi hőmérséklete túlnyomás alkalmazása nélkül is 200-250 °C lehet, ami pl. a hőprések fűtéséhez szükséges. Ezért van számtalan termoolaj kazán kapcsolatban fatüzelő berendezésekkel. Az ilyen berendezések tervezésekor ( az időközben igen szigorúvá váló előírásokat betartva ) feltétlenül ügyelni kell a gáz tüztérben való elég hosszú tartózkodási idejének biztosítására.

Számtalan szilárd tüzelőanyaggal működő termoolaj kazán túl kicsi tüztérrel rendelkezik és ezért túl nagy a csöki gyó formájú hőcserélő felületek rossz égés miatti elpiszkolódása. Mivel a csöki gyót többnyire csak manuálisan tudják tisztítani, a tökéletlen égéskor nemcsak emissziós problémák merülnek fel, hanem tisztítási problémák is. Nehézségként lép fel az üzemeltetés során a csövek túl nagy helyi hőterhelése miatti károsodás, és a nagy hőmérséklet miatt a hőhordozó közeg bomlása.

#### 5. Levegő fűtőközegű kazán ( léghevítő )

Ezeket a kazánberendezéseket meleg levegő előállítás céljára használják többnyire üzemcsarnokok, helyiségek fűtésére. A kialakítás sajátossága, hogy az égés során felszabaduló hőt a forró hőcserélő felületeken keresztül közvetlenül a fűtendő levegőnek adják át. A hőt így közvetítő hőhordozó közeg nélkül, a füstgáz és a levegő keveredésének kizárásával lehet átadni. A kialakítás

... általában kis teljesítményeknél használatos.