

# **SZAKDOLGOZAT**

**Enyingi András**

**Létesítményenergetikai szakmérnök**

**Gödöllő**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Létesítményenergetikai szakmérnök**

**Biomassza energetikai felhasználása, nagy teljesítményű hőközpont kivitelezési munkálatainak vizsgálata**

**Belső konzulens:** Cseke Botond  
egyetemi tanársegéd

**Készítette:** **Enyingi András**  
VNGYFM  
Levelező tagozat

**Intézet/Tanszék:** Műszaki Intézet / Agrárműszaki  
Tanszék

**Gödöllő  
2024**

MŰSZAKI INTÉZET  
SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS  
Létesítményenergetikai szakmérnök

**SZAKDOLGOZAT**  
feladatlap

Enyingi András (VNGYFM)

részére

A szakdolgozat címe:

**Biomassza energetikai felhasználása, nagy teljesítményű hőközpont kivitelezési munkálatainak vizsgálata**

**Feladatkiírás:**

Tekintse át a biomassza fogalmát és fajtáit.

Elemezze elsősorban az energetikai felhasználásának folyamatát, a szükséges technikai feltételeket és műszaki megoldásokat.

Egy konkrét kivitelezési példán keresztül vizsgálja meg Épületgépészeti rendszerekben való, hőtermeléssel kapcsolatos elhelyezését.

**Közreműködő tanszék:** Műszaki Intézet, Agrárműszaki tanszék

**Külső konzulens:**

**Belső konzulens:** Cseke Botond András, MATE, Műszaki Intézet

**A dolgozat beadási határideje:** 2024 év április hó 22 nap

Kelt: Gödöllő, 2024 év március hó 04 nap

Jóváhagyom

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: .....év .....hó .....nap

(külső konzulens)

1. Bevezetés	6
1.1 Aktualitás	6
1.2 Célkitűzés	6
2. Irodalmi áttekintés	7
2.1 Szilárd biomassa tüzelőanyagok formái	7
2.1.1 Hasábfa	7
2.1.2 Apríték	7
2.1.3 Brikett	8
2.1.4 Pellet	8
2.2 A fa égési folyamata	9
2.3 A szilárd biomassa elemi összetétele	9
2.4 Tüzeléstechnikai jellemzők	11
2.5 Biomassa tüzelőberendezések	12
2.5.1 Biomassa tárolása adagolása	14
2.5.2 A kazán belső felépítése	15
2.5.3 Kazánhoz tartozó külső egységek	18
2.6 Fűtési rendszerek	21
2.6.1 Hőhordozók	21
2.6.2 Fűtési rendszer elemek	21
2.6.3 Biztonsági berendezések	23
2.6.4 Lakossági méretű tüzelőberendezések	23
2.6.5 Közepes és nagy teljesítményű fűtőművek	25
2.6.6 Biomassa erőművek	27
2.6.7 A miskolci Kenderföldi biomassa fűtőmű	29
2.6.8 Pornóapáti fűtőmű	30
3. Anyag és módszer	32
3.1 Darvastói bauxitbánya	32
3.2 Bakony Integrált Szociális Intézmény	33
3.3 Meglévő fűtési rendszer	34
3.4 Megvalósítandó biomassa hőközpont	35
3.5 Kazántechnológia	35
3.6 Konténerkazánok	37
3.7 Telepítési program	39
3.8 Földmunka	39

3.9 Hőközpont kialakítása	41
4. Kivitelezési munka értékelése	44
5. Következtetések, javaslatok	47
6. Összefoglalás	50
Köszönetnyilvánítás	55
7. A szakirodalom jegyzéke	56
Ábrajegyzék	58
Táblázatjegyzék	59

# 1 Bevezetés

## 1.1 Aktualitás

A témaválasztás aktualitását és fontosságát a közép- kelet európai térségben az Orosz - Ukrán háború mutatta meg, aminek 2022. február 24-i kezdete után az energiaárak többszörösére ugrottak a korábban megszokotthoz képest. A fent említett incidens rámutatott arra a tényre, hogy Magyarország függ a külföldi energiahordozóktól. Az önállósulás irányába való törekvés egyik lépcsőfoka a biomassa tüzeléstechnikai hasznosítása lehet, hiszen az itt használatos technológia kistérségi, regionális körzetből származó alapanyag felhasználásával valósul meg. Nyilvánvaló tény, hogy a Föld nyersanyag készlete véges, ennek ellenére az energiaszükséglet folyamatosan növekszik, ezért elengedhetetlen, hogy az itt jelentkező igények fenntartható módon legyenek kielégítve. A biomassa képes lehet orvosolni a problémát, amennyiben előállítására fenntartható forrásból származik, illetve nem károsítja környezetünket.

## 1.2 Célkitűzés

A dolgozat célja tisztázni a biomassa fogalmát és fajtáit. Elsősorban energetikai felhasználásának folyamatát, a szükséges technikai feltételeket és műszaki megoldásokat hivatott bemutatni. Épületgépészeti rendszerekben való, hőtermeléssel kapcsolatos elhelyezése a cél, és egy konkrét kivitelezési példán keresztül történő bemutatása. Terjedelmi korlátok miatt a biomassa előállítása, a rá vonatkozó szabványok, az energiahordozók rendszerében való elhelyezése nem tárgya a dolgozatnak.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1 Szilárd biomassza megjelenési formái

Az emberiség a fát főzésre illetve fűtésre ősidők óta használja. Éppen ezért ezen a területen a felhasználás különböző formái jelentik az újdonságot. Tüzelőanyagként rendelkezésre állnak különböző feldolgozottsági formában a fás szárú növények. Ezek lehetnek hasábfá, apríték, illetve energia tömörítvény (pellet, brikett), illetve a lágyszárú növények bálázva, szecskázva és szintén tömörítvényként is megjelennek. Fás szárú növények esetén kéreg vagy fűrészpor, lágyszárúak esetén pedig préselési maradvány keletkezik feldolgozási melléktermékként, amik energetikai célra felhasználhatóak.

#### 2.1.1 Hasábfá

Elsősorban kis teljesítményű központi fűtéshez alkalmazott kazánok, illetve kandallók, kályhák üzemeltetésére alkalmas a tűzifa. Sokat fejlődött a hasábfával kapcsolatos tüzeléstechnika és szabályozás az elmúlt időszakban, ennek eredményeképpen alakult ki az úgynevezett „elgázosító” technológia. Az ilyen jellegű hasznosítás során a kézi anyagmozgatás nem küszöbölhető ki, ezért jellemezhető alacsony komfortfokozatúként.

#### 2.1.2 Apríték

Automata üzemeltetésre alkalmas az apríték tüzelés, mivel az adagolás és a teljesítmény szabályozható. A tüzelőanyag alakja és mérete, ha nem is

azonos, de jellemző tartományba esik. Az automatikus működés elengedhetetlen része az apríték tároló, ami a kazánház mellett helyezkedik el.

### 2.1.3 Brikett

Megfelelő mértékben felaprított és kiszárított növényi alapanyag előállításával megoldható az egységes méretű és minőségű tömörítvény kialakítása. Brikettnek nevezik az egyik megjelenési formáját, ami legalább 50 mm, esetleg ennél nagyobb átmérőjű, kör, négyzög, esetleg sokszögű rúd vagy kocka, amit különböző melléktermékekből állítanak elő. Energiahordozóként kedvező tulajdonságú, viszont automatizált adagolása nehezen megoldható a méretei miatt.

### 2.1.4 Pellet

Takarmánykeverék gyártó üzemek technológiájához hasonlóan görgős körcellás prések segítségével előállított 3 - 25 mm átmérőjű préselményeket pelletnek nevezik. Ez a tüzelőanyag cellás adagoló és csiga segítségével automatizáltan adagolható.



1.ábra fapellet <https://pelletap.hu/project/fapellet/>



## 2.2 A fa égési folyamata

A fa elégetése öt lépésben valósul meg.

1. Száradás: a nedvesség  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  környéki hőmérsékleten távozik a légszáraz tüzelőanyagból.
2. Bomlás kezdete: A fából  $100 - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$  közötti hőmérsékleten egy nagyon lassú folyamat eredményeképpen nagyjából azonos időben hasadni illetve párologni kezdenek a folyékonyvá vált molekulák.
3. Fagáz-képződés: ahhoz, hogy az égés folytatódhasson, a  $225\text{ }^{\circ}\text{C}$  eléréséig hőenergiát kell közölni a fával, ahol egy endoterm reakció megy végbe.
4. Hőenergia felszabadulása: a fatűzben végbemenő átalakulás (pirolízis) során hőtöbblet keletkezik, ami egy exoterm reakció és  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$  fok feletti hőmérséklet jellemzi. A gyorsan bomló fadarab közelében oxigénhiány van, így jóval odébb lobbannak lánggra, miután elegendő oxigéntartalmú levegővel keveredtek össze. Szénre és hidrogénre, azaz a fagáz reakcióképes összetevőire tökéletesen lebomlani és oxidálódni mintegy  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  környékén tud. Már csak ebben az esetben nem szállnak a tökéletlenül hasadt szénhidrogén-(oxigén)-vegyületek a kéményen át a tiszta levegőbe. Szén-dioxid és víz keletkezik a fagázok tökéletes elégetése után.
5. Faszén elégetése: a fadarabról lehasadt és hő hatására gáz formájában elégett hidrogéntartalmú összetevőknek köszönhetően a fagáz gyorsan távozik, így faszénné alakul át, ezután  $500 - 800\text{ }^{\circ}\text{C}$  közötti hőmérsékleten elizzik. (Németh 2011)

## 2.3 A szilárd biomassza elemi összetétele

A tüzelőanyagoknak egyértelműen az elemi összetételük határozza meg a tulajdonságaikat. Megkülönböztethető hat fő komponens.

1. táblázat Biomassza - féleségek elemi összetétele (Németh 2011)

<b>Biomassza</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>
<b>a</b>						
<b>féleségek</b>						
<b>Fa</b>	A szárazanyag %-ában					
Fenyő	49,8	6,3	43,2	0,13	0,015	0,005
Bükk	47,9	6,2	45,2	0,22	0,015	0,006
Nyár	47,5	6,2	44,1	0,42	0,031	0,004
Fűz	47,1	6,1	44,3	0,54	0,045	0,004
<b>Szalma</b>						
Rozs	46,6	6,0	42,1	0,55	0,085	0,40
Búza	45,6	5,8	42,4	0,48	0,082	0,19
Tritikálé	43,9	5,9	43,8	0,42	0,056	0,27
Árpa	47,5	5,9	41,1	0,46	0,089	0,40
Repce	47,1	5,9	40,0	0,84	0,27	0,47
<b>Egyéb</b>						
Kínai nád	47,5	6,2	41,7	0,73	0,15	0,22
Energiafű	46,1	5,6	38,1	1,34	0,14	1,39

A biomassza tüzeléstechnikai tulajdonságait illetően a szén-, a hidrogén- és az oxigén fontosak. A környezetszennyezés szempontjából a kén, a nitrogént és a klórt kell megemlíteni.

A biomassza- féleségek széntartalma 45 - 50% környékére tehető, oxigéntartalmuk pedig 40 - 45% lehet. A hidrogén 5 - 6% között mozog, a nitrogén pedig maximum az 1% -ot érheti el.

A kálium-klorid olvadt viszkózus formában a hőcserélő felületére kondenzálva elektrolitként viselkedve korróziót okoz. A folyadékba lerakódó hamuszemcsék, amik egyre vastagodó réteget képeznek, rontják a hőátadást.

Nyolc másik (Si, Al, Ca, Mg, Na, P, Fe) pedig salakképző elemként jelenik meg. A lágyszárú növényekben nagyobb mértékben fordul elő a klór mellett a szilícium és a kálium. Az utóbbi két elem alacsony olvadáspontú szilikátokat képez, és a hamu összesüléséhez vezet, ami meghibásodásokért lehet felelős.

Éppen ezért a hamutartalom és annak olvadáspontja fontos tényező. Fás szárú növények esetén a hamutartalom 2% alatti, olvadáspontja pedig

1300 - 1450 °C -on található. Lágyszárúak esetén néhány százalékkal magasabb a hamutartalom a fához képest, viszont olvadáspontja 300 °C-kal alacsonyabb.

Nagy mennyiségben szabadulnak fel a különböző illóanyagok 250 - 300 °C közötti hőmérsékleten.

## 2.4 Tüzeléstechnikai jellemzők

Biomassza hasznosítása kapcsán az égéshő és a fűtőérték a két legfontosabb tüzeléstechnikai jellemző.

Égéshő ( $H_f$ ): az a hőmennyiség, amely az egységnyi mennyiségű tüzelőanyag tökéletes elégetésekor állandó hőmérsékleten, 3,0 MPa túlnyomású oxigénben felszabadul.

Fűtőérték ( $H_a$ ): az elégetéskor a tüzelőanyagból eltávozó és a hidrogén elégetéséből keletkező víz párolgási hőjével csökkentett égéshő. A gyakorlatban inkább ezt a fogalmat használják.

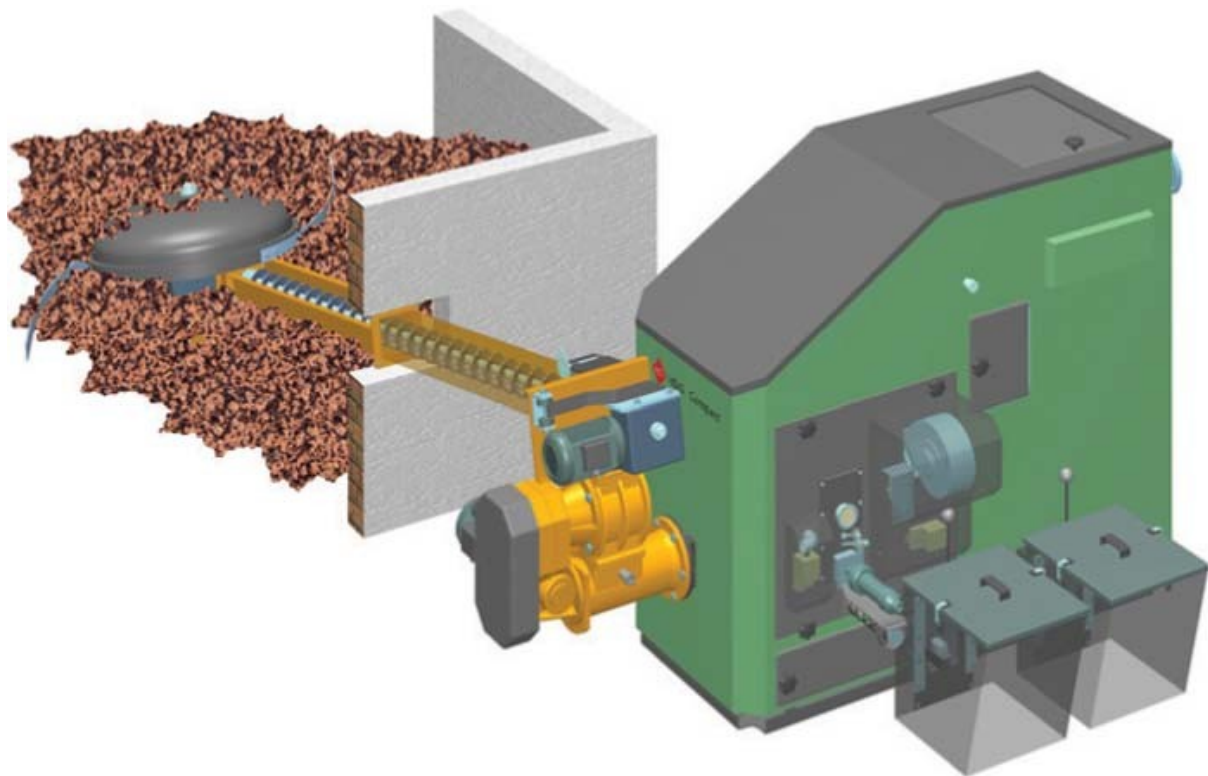
2. táblázat Biomassza-féleségek fűtőértéke és égéshője. (Németh 2011)

Biomassza-féleségek	Fűtőérték ( $H_a$ ) MJ/t	Égéshő ( $H_f$ ) MJ/t
<b>Fa</b>		
Fenyő	18,8	20,2
Bükk	18,4	19,7
Nyár	18,5	19,8
Fűz	18,4	19,7
<b>Szalma</b>		
Rozs	17,4	18,5
Búza	17,2	18,5
Tritikálé	17,1	18,3
Árpa	17,5	18,5
Repce	17,1	18,1
<b>Egyéb</b>		
Kínai nád	17,6	19,1
Energiafű	16,5	18,0

A fűtőérték elsősorban a nedvességtartalom függvénye. A fás szárú alapanyag fűtőértéke mindig magasabb, mint a lágyszárúaké, amennyiben azt abszolút száraz állapotban vizsgáljuk. (Németh 2011)

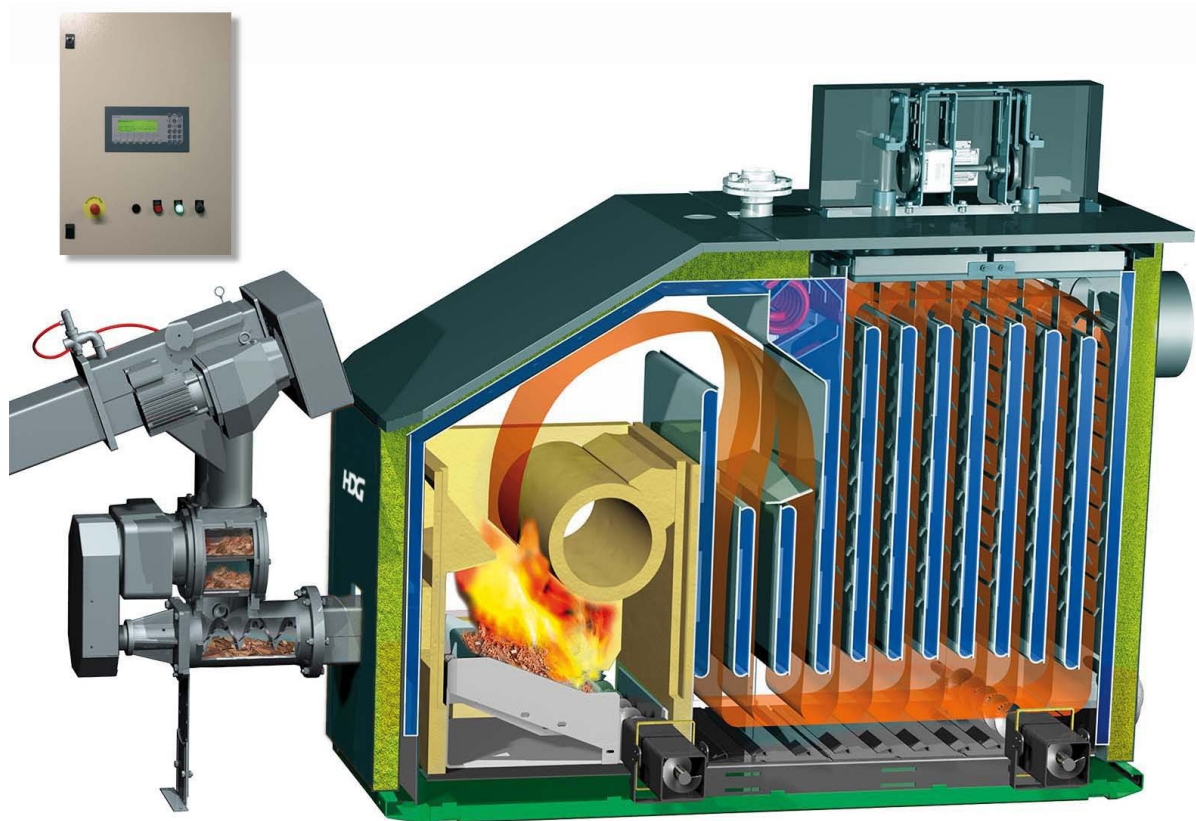
## 2.5 Biomassza tüzelőberendezések

Szilárd biomassza hasznosítására alkalmas tüzelőberendezés található a 2. ábrán. Csigás adagoló szállítja a tüzelőanyagot a tárolóba. A padozat hegyes szöget zár be a talajjal, hogy a biomassza a lehető legkisebb eséllyel boltozódjon be. A bolygatómű is ezt a célt szolgálja, ami a laprugók által egy csiga segítségével eljuttatja a tüzelőanyagot a cellás adagolóig, innen a behordócsiga elszállítja a tüztérbe.



2. ábra HDG -Bavaria gyártmányú Compact 150 típusú kazán tárolóval  
<https://faipar.hu/hirek/kapcsolodo-technologia/3122/hdg-kazanok-a-faiparnak>

A biomassza a tűztérben egy mozgó rostélyra kerül, ahol egy hőlégfúvó beizzítja. A keletkezett hamu a kihordó csigára kerül. A kazántest védelmének érdekében egy speciális összetételű samott anyagból került kialakításra a tűztér belső fele. A primer és szekunder levegő ventilátornak, az automata hőcserélő tisztítónak és a lambda szondának köszönhető a jó hatásfok. Csigás megoldással kerül elszállításra a hamu és a pernye, aminek következményeként a tüzelőberendezés hosszú ideig képes beavatkozás mentesen dolgozni.



3. ábra HDG - Bavaria gyártmányú Compact 150 típusú kazán metszete  
<https://www.hdg-bavaria.com/produkte/hackschnitzelkessel/hdg-compact-100-200/>

### 2.5.1 Biomassza tárolása, adagolása

A biomassza alapú tüzelőanyagot tárolóba helyezik. A kisebb szemcseméretű biomassza szállítása befúvásos módszerrel is megvalósítható, ami egy pneumatikus megoldás. Ebben az esetben a porképződést kell figyelembe venni és azt, hogy az alapanyag alacsony hamutartalommal rendelkezzen, hogy a tűztérben kevés helyet foglaljon el. A hamu nem lágyulhat, mert annak összeolvadása a tűztérben problémát okozhat. Ennél a típusnál a biomassza tiszta feldolgozási helyekről, mint például asztalosüzemekből kell hogy származzon. A másik jellemzőbb anyagmozgatási rendszer a betolósos módszer, ami végezhető csigával, hidraulikával és dugattyúval. Ezen megoldás használata esetén minden agyagú és tetszőleges méretű tüzelőanyag mozgatható. A csigas megoldás a kisebb méretű apríték vagy pellet továbbítására alkalmas. A kisebb méretű biomasszát el tudja törni, a nagyobb szemcsék elakadhatnak és megfoghatják azt. A nagyobb teljesítményű kazánok esetén a durvább anyag szállítására alkalmas tolófejes megoldást használják hidraulikus tápegységgel, ebben az esetben a tároló alján éklétrás anyagmozgató helyezkedik el, esetleg alkalmazható a bolygatóműves megoldás is. Az éklétrás megoldás esetén a gerendákkal alátámasztott ékekből álló szerkezet alternáló mozgást végez. A nyersanyag alá hatol az élrányba mozgó ék, és megemeli azt, ezután ellenkező irányba mozogva a homlokoldalon levő anyagot eltolja. Ennek a mozgásnak köszönhetően a biomassza az adagoló irányába mozog. Az anyaghalom egy csatornába hull, ahol egy csigas mozgató elem segítségével a hidraulikus megoldással mozgatott tolófej elé kerül. A tolófej a munkahenger előre irányuló mozgása közben a nyersanyagot az előtoló csatornába szállítja, majd visszahaladáskor újabb aprítékot fogad. Az anyag kismértékben tömörödik az előtoló csatornában, aminek következtében a csatorna lezárul. Ez a folyamat csökkenti a visszaégés kockázatát, amire egy másik megoldás a cellás adagoló használata. A betáplálás utolsó mozzanataként a biomassza az előtoló csatorna kazánházi nyílásán keresztül a ferde-rostélyra kerül.

## 2.5.2 Kazán belső felépítése

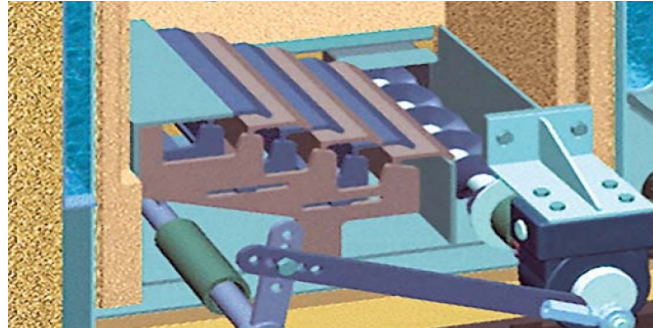
A kazán egység belső részei a tűztér és a hőcserélő. A tűztér részei a tűztérpadozat, a rostély, a tűztérfal, a lángterelő, az utóégető és az égéslevegő-ellátó rendszer.

A tűztérpadozat a kazán tűzterét alulról zárja le. Tűzálló anyaggal burkolt sík rész, amelyen vagy amely fölött a biomassza ég. Kisebb berendezéseknél (pl. cserépkályha, kandalló) még ma is használatban lévő megoldás. Fontos tulajdonsága, hogy az égéshez szükséges levegőt minden esetben az égő felületen biztosítja, így a sugárzó hő hatására megy végbe a tüzelőanyag kigázosodása. A rostélyhoz képest az égés lassabban megy végbe, de így kevés elégetlen gáz távozik hasznosítatlanul. A nagyobb berendezések esetében, ha az elégetendő anyag por, akkor használják a rostély nélküli tűztérpadozatot, mivel azt a befűjt levegővel adagolva juttatják be a tűztérbe, így keveredve gyorsan az égő gázokkal. Ez elsősorban faporok égetéséhez használt megoldás. A rostély a parázságy létrehozására szolgál, illetve a szilárd tüzelőanyag égés közbeni megtartására. A kisebb teljesítményű kazánok esetében fix, más néven álló rostélyuk van, a nagyobb teljesítményűeknek pedig mozgó rostéllyal rendelkeznek, melynek alternáló mozgása automatizálható. A rostély lehet vízszintes vagy ferde kialakítású. A biomassza-tüzelés leghatékonyabb módja a mozgatott ferde rostélyos tűzterekben valósítható meg. A tűztérpadozat egy részének felhasználásával építik be a rostélyt. Általában öntöttvas rostélyelemekből kerül összeépítésre úgy, hogy azok között a légáram kialakulására is legyen lehetőség.

A legfontosabb műszaki jellemzői:

- a rostély mechanikai terhelhetősége ( $\text{kg/m}^2$  a rostély üzemmeleg állapotában),
- üzemi terhelhetősége a fajlagos rostélyteljesítmény ( $\text{kWh/m}^2$ ) a leadható termikus teljesítményből számítva,
- a hőterhelés szempontjából fontos a kialakítási mód (hűtött, hűtetlen)

Léteznek más rostélymegoldások is, mint például a forgórostély, amit leginkább a hulladékégetéshez alkalmaznak, nagy teljesítményű blokkok esetében pedig a fluid ágyas tüzelés ...stb.



4. ábra HDG - Bavaria gyártmányú mozgórostély

<https://www.hdg-bavaria.com/produkte/hackschnitzelkessel/hdg-compact-100-200/>

A tűztérfal a kültértől választja el a tűzteret és négy oldalról határolja azt. A kültér jelentheti a kazánházi környezet vagy a hőcserélő megfelelő részét. A fal kis kazánoknál acéllemez jelent, a nagyobb teljesítményű berendezéseknél falazatot. Értelemszerűen a lemezfal belső oldalán ég a tűz, külső felén a szabad tér, így fűtve közvetlenül a teret (kályhák, kandallók), amit a túlmelegedés miatt gyakran hőszigeteléssel, esetleg kerámiaburkolattal fednek. A tűztér külső felén lehet hőhordozó is, általában víztér, amit újabb lemez zár, további hőszigeteléssel. A lemezfal jó hővezető lévén nagyon gyorsan adja át a hőt a hőhordozónak, ami így gyakran túlhevül, ezáltal gőzbuborékok jelennek meg, melyek kavitációt okozva a fal rövid élettartamáért felelősek. A másik hibája, hogy a tűztér gyorsan le is hűlhet. A felsorolt okok miatt a lemezfalon belül falazat építése szükséges, samott téglából vagy tűzálló betonból. Biomasszák esetében fontos, hogy a falazat anyagának kémiai jellege bázikus legyen, ellenkező esetben a falazat erodálódik. A falazat kedvezően befolyásolja a tűztér tulajdonságait, mert felhevülve kiegyenlíti a tűztér ingadozó hőmérsékletét, változó teljesítmény esetében pedig segíti a tűz újra lángra lobbanását. Egyenletesebb a hőátadás, amennyiben a falazat túloldalán hőhordozó található. A hátránya a falazat alkalmazásának az,



hogy a kazán leállítása után még hosszú ideig jelen van a tárolt hő, ez vész helyzetben gyors leállásnál problémát jelenthet.

A levegőellátás elengedhetetlen a biomassza tüzelés esetén. Az égéshez szükséges oxigént a tüztéren belül a megfelelő térrészbe kell juttatni a kívánatos légfelesleg mellett. Atmoszférikus vagy túlnyomásos lehet a levegőellátás. Az atmoszférikus kazánok égési zónájába a levegő a normál légköri nyomás hatására jut el. Ehhez szükséges a tüztéri nyomást csökkenteni, ami a kéménnyel létrehozott huzattal oldható meg. A huzat a füstgáz hőmérséklet függvénye, ezért nagy különbség tapasztalható a begyújtáskori és a normál üzem közben kialakuló nyomás között. Az előbbinél különösen kicsi, ami akár égési problémákhoz is vezethet. A legnagyobb probléma az, hogy a huzat csak kis mértékben szabályozható. A túlnyomásos, azaz turbó kazánoknál egy ventilátor segítségével kerül a levegő a tüzelőanyaghoz. A ventilátorok fordulatszáma állítható, így jól szabályozható a légszállítás, ennek köszönhetően optimalizálható a folyamat. Különösen hatékony, amikor a rendszerbe füstgáz ventilátor kerül beépítésre. Az égéshez szükséges levegőt egy, kettő esetleg három zónában vezetik be. A levegő mennyiségétől függ az égés és a füstgáz minősége, valamint a tüzelés hatásfoka. A bevezetett levegőmennyiséget a légfelesleg-tényező ( $\lambda$ ) jellemi. A  $\lambda=1$  azt jelenti, hogy a bejuttatott levegőben a tökéletes égéshez szükséges mennyiségű oxigén van. Ha  $\lambda < 1$ , az éghető anyagok egy része nem ég el tökéletesen, illetve CO is keletkezik. Az égés ugyan folyamatos, de viszonylag alacsony hőmérsékleten megy végbe. Az éghető anyag egy része oxidálódva elegendő hőt termel a tűz fenntartásához. Amennyiben  $\lambda > 1$ , a tüzelőanyag tökéletesen elégethető, de az égés magas hőmérséklete miatt a  $N_2$  jelentős része is oxidálódik. Lényegesen több füstgáz jön létre a nagy légfelesleg miatt, így a füstgázzal sok energia vesz el. A primer levegő direkt a rostély alá kerül bevezetésre. A kialakult parázságyon jelentős energiatartalmú gázok jönnek létre. A szekunder levegőt a lángtérbe juttatják. Amennyiben alkalmazzák a terciér levegőt, akkor az az ütügetőbe kerül bevezetésre.

A lángterelő a falazatnak azon része, amelyik a tűztérbe nyúl, így az égő gázok keverését, az előégéshez szükséges időtartam növelését segíti.

A hamukamra a tűztér alatt helyezkedik el. A elégett anyag nem éghető részét fogadja be. Kialakítása szerint lehet száraz és vizes. A száraz gyűjtőjében a rendszeres időközönként lehulló tüzelőanyag-részek tovább égnék. A vizes csatornában az égést a víz azonnal eloltja. A lehullott hamut csigás vagy szalagos kihordóval a hamugyűjtőbe szállítják (Bíró 2012)

Hőcserélőnek nevezzük a biomassza kazán azon részét, melynek az a feladata, hogy valamely hőhordozótól egy nála alacsonyabb hőmérsékletű másik hőhordozóhoz juttassa el a hőenergiát. A hőcserélők feladata az intenzív hőátadás, hogy a munkatérben minél nagyobb hőmérséklet legyen elérhető. Továbbá a távozó füstgázok hőtartalmának hasznosítása, valamint elősegítendő a kazán hatásfok javítását, és teljesítményének emelése érdekében az égési levegő előmelegítését. Erre a jó példa a fémkohászati olvasztókemence és a kovácsüzemi izzítókemence. Ezekben az esetekben primer, azaz belső hasznosításról beszélünk. Létezik szekunder, vagyis külső hőhasznosítás is, ami üzemgazdasági szempontból nagyon hasznos. Ebben az esetben a távozó füstgáz hőtartalma vízmelegítési, vagy gőztermelési célokra hasznosul, mint például az üvegipari olvasztókemencék. Folytonos üzemben működnek, hiszen mindkét közeget egyidejűleg, folytonosan vezetik a berendezésbe, és vezetik el onnan. A hőcserélők rendszerezése általában több szempont szerint valósulhat meg a kialakítás és működés, a hőcserében résztvevő közegek áramlási irányai, a hőátvitel mechanizmus, a kompaktság és attól függően, hogy a hőátadás direkt vagy indirekt módon történik. (Siska 2019)

### 2.5.3 Kazánhoz tartozó külső egységek

A füstgázventilátor szabályozza az égés következményeképpen keletkezett égéstermék áramoltatását. A ventilátor a kazántest

valamennyi terében csökkenti a nyomást, míg a kéményben növeli. Az égési levegő és a füstgáz mennyisége között jelentős a különbség. A füstgázventilátor segít leküzdeni a hőcserélők, porleválasztók és szűrők okozta áramlási ellenállást. A fent említett okok miatt kedvezően befolyásolja az égési folyamatokat. A ventilátornak köszönhetően túlnyomás nélkül lehet nagy mennyiségű füstgázt szállítani. A szabályozott mennyiségű levegő optimalizálja az égést és leküzdíti a hőcserélőben és a füstgázsűrőben fellépő ellenállást. A kéményben létrejövő természetes huzattól függetleníti a berendezést, így is hozzájárulva a szabályozhatósághoz.

A porleválasztó, a füstgáztisztító szűri ki a jelentős mennyiségű port, amit az égéstermék szállít, ami a tüzelőanyag minőségének, a gázok áramlási sebességének és a keletkező hamu minőségének függvényében változik. Kéményen keresztül környezetvédelmi okokból nem kerülhet por a levegőbe. A szemcseméret a legfontosabb jellemzője a keletkező poroknak. Ennek megfelelően különféle megoldások léteznek a porok leválasztásához. Durva por leválasztására alkalmas a porleválasztó ciklon, mivel a benne bekövetkező jelentős gázsebesség csökkenésének köszönhetően a porszemcsék a ciklonfalnál bekövetkező fékeződése miatt a durvább szemcsék kiválnak, és a ciklon alján összegyűlnek. Speciális ipari szövetből készül a zsákos szűrő. A füstgáz áramlási sebessége a zsák anyagának szerkezete miatt jelentősen csökken. A zsákszövet anyagán levő apró nyílások mérete miatt csak a finom porok áramolnak tovább. Pernyének nevezik az itt leválasztott port. A legfinomabb porleválasztó szerkezet az elektrofilter. Elektromosan töltött fegyverzet között vezetik át a füstgázt, ahol az elektromos térben a porszemcsék feltöltődnek. Ezután az elektromos töltéssel rendelkező porszemcsék a leválasztó fegyverzetét képező elektródok közé jutnak, ahol rátapadnak. A feltapadt porréteget időnként vibrációval vagy mosással távolítják el.

A kémény a füstgázt a hőcserélőtől vezeti el, és kijuttatja a légtérbe olyan magasságban, ahonnan nem tud visszabukni a környezetbe. Itt keveredve az áramló levegővel oly mértékben kell hígulnia, hogy belélegezve már ne jelentsen egészségügyi kockázatot. A kémény a magassággal, az áramlási keresztmetszettel, a fajlagos hőmérséklet csökkenés (oC/m) jellemzőjével és a huzattal jellemezhető. A kémény kivitelezés szempontjából lehet épített vagy szerelt kialakítású. A kémény részei a tartószerkezet, a füstcső és a burkolat. Fontos, hogy a kéménycső korrózióálló anyagból készüljön, mivel a lecsapódó füstgáz agresszív, és korróziót okozó, főleg savas anyagokból áll. A szigetelés csökkenti a kéménycső falán át történő hőveszteséget. Így a kémény kilépő nyílásán keresztül megfelelő hőmérsékletű füstgáz halad át. A szigetelés révén a füstgáz hőmérséklete nem csökken harmatpont alá, mert ellenkező esetben a kéményben káros kicsapódások (ecetsav, hangyasav, HCl, kátrány stb.) jelenhetnek meg.



5.ábra. Pelletkályha kéményrendszerrel

<https://www.e-kemeny.hu/schiedel-permeter25-200-as-kemeny-866-fm-1690>

## 2.6 Fűtési rendszerek

### 2.6.1 Hőhordozók

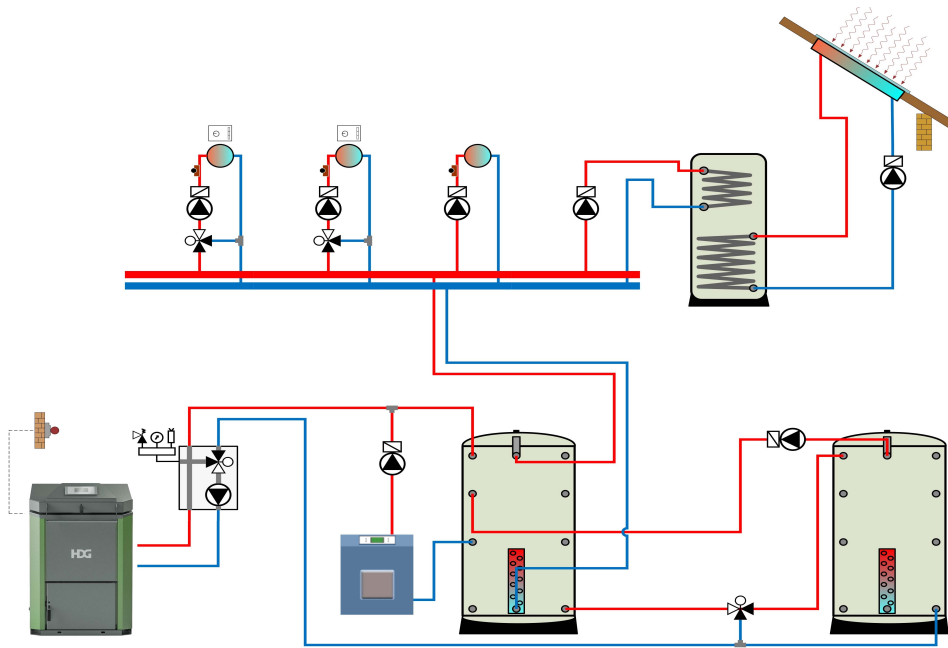
A hőhordozó a hőcserélőben keringve átveszi a füstgáz energiáját és tovább szállítja azt. Folyadék-, gőz- és gáz (levegő) hőhordozókat különböztetünk meg.

A folyadék hőhordozó lehet olaj vagy víz. Utóbbi gyakrabban használatos a nagy fajhője miatt, így kis folyadékárammal nagy hőáramok hozhatók létre. Nyitott fűtési rendszerekben a víz 100-105 °C hőmérsékleten alkalmazható, zárt rendszerekben (105-130 °C), nyomás alatt ennél magasabb hőmérsékletű is előállítható. A vizes rendszer hátrányát a viszonylag alacsony hőmérséklet jelenti. Amennyiben magasabb hőmérséklet elérése a cél, a vizet magas nyomáson kellene tartani, ami költségesebb zárt rendszert igényel. Magasabb előremenő hőmérsékletű folyadékhoz atmoszférikus nyomáson, termoolajat használnak, ami 325 °C hőmérsékletig forrás nélkül hevíthető. Az ilyen rendszerben használatos kazánhőcserélő hátránya, hogy csőrepedés esetén a kilépő hőhordozó táplálja az égést. Gőzzel a hőenergia mellett mechanikai energiát is lehet továbbítani. A gőzkazán a névleges nyomás alapján lehet atmoszférikus, alacsony-, közép- és nagynyomású. A gőz mint hő- (és energia-) hordozó azért speciális, mert hasznosítás közben halmazállapot-változás következik be. Másik jellemzője, hogy a csökkent energiatartalmú hőhordozó bizonyos esetekben nem kerül vissza a hőcserélőbe, hanem kipufog, mint például a gőzmozdony esetében. (Bíró 2012)

### 2.6.2 Fűtési rendszer elemek

Magyarországon a legelterjedtebb hőtermelés gázalapú, de a biomassa ennek teljes értékű alternatívája lehet, hiszen a fűtési rendszer elemei tulajdonképpen azonosak. A különbség, hogy szilárd tüzelésű kazánok

esetén minden esetben még a pelletkazánoknál is, a hatékony szabályozás érdekében célszerű puffertárolót beépíteni. Monovalens üzemben is alkalmazható a fatüzelés, de hatékonyabb lehet a bivalens üzemeltetés. Nyári szezonban, amikor a hőigény a használati melegvízre korlátozódik, célszerű megoldás a napkollektor alkalmazása a biomassza-tüzelés helyett, így akár teljes nyáron kiváltható az energiaigényes faadagolás.

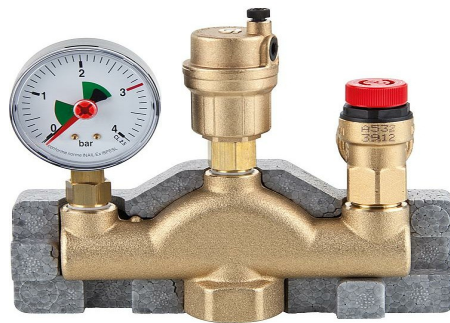


6. ábra Hőtermelő rendszer biomassza kazánnal és napkollektorról  
<https://www.hdg-bavaria.com/produkte/regeltechnik/hdg-control/>

Egy másik alternatív megoldás a gázfűtés lehet, amely kényelmesebb üzemeltetést tud biztosítani. Ez a megoldás nagyon hasznos, amennyiben hosszabb ideig szükséges a felügyelet nélküli üzemeltetés. A pellet- és faaprítékkazánok automatikus adagolásúak, ezért ott ez nem jelent problémát, amennyiben a kihamuzás is megoldott. Mono - vagy bivalens rendszer megépítése előtt mérlegelni kell a fűtőanyag és a telepítés várható költségeit. A tüzelőanyag - ellátása is figyelembe veendő kérdés. Bivalens rendszer esetében választható párhuzamos vagy alternatív rendszer megépítése.

### 2.6.3 Biztonsági berendezések

Korábban a szilárd tüzelésnél nyílt tágulási tartály volt használatban, manapság a zárt tágulási tartály a jellemző. A biztonsági berendezések a gázkazánoknál alkalmazottakhoz hasonlóak. Ami feltétlenül szükséges, az a biztonsági szelep a kazán legmagasabb pontján, a hőmérők, nyomásmérők, a hőmérséklet-korlátozó, a biztonsági lefúvatószelepek és a visszahűtő csőkígyó. (Csoknyai et al. 2013)



7. ábra Biztonsági szerelvénycsoport

<https://www.heizprofishop.at/Kesselsicherheitsgruppe-DN25-1-Typ-302-bis-50kW>

### 2.6.4 Lakossági méretű tüzelőberendezések

A lakossági méretű készülékeket két csoportra tudjuk bontani. Megkülönböztethető a helyiség fűtésére alkalmas légfűtéses, illetve a központi fűtési rendszerbe köthető vízteres biomassza tüzelőberendezés. A rendszer elengedhetetlen része a hőtároló, más néven puffer tartály, amely a lakás hőigényéhez van méretezve. Ennek szerepe, hogy biztonsági tartalékot nyújtson egy esetleges műszaki leállás esetére, illetve gondoskodik a rendszer egyenletes hőellátásáról. A rendszerhez tartozik a kazán, illetve az automata adagolórendszer, amit tűzbiztonsági egységgel szükséges ellátni egy esetleges visszaégés meggátlása érdekében. Szükséges egy tüzelőanyag tároló is, amit akár tartálykocsival is a tulajdonos távollétében is meg lehet tölteni. Egy ilyen tároló lehet

épített-, telepített-, vagy mobil kialakítású. A kisebb kazánok és kályhák esetén a tüzelőanyag tartály a berendezésbe van integrálva és a napi tüzelőanyag tárolást biztosítja. Ennél a kialakításnál a zsákos kiszerezésű tüzelőanyagot napi 1-2 alkalommal kell tölteni a berendezés tartályába. A kazánházakban elhelyezett mobil tárolók egy rugalmas megoldást tesznek lehetővé, ahol a hely szűke miatt kizárólag a fűtési szezonban szükséges a tüzelőanyag tároló. Fűtési szezonon kívül összecukható. A földbe süllyesztett, más néven telepített tüzelőanyag tárolók az épület mellett, akár utólagos fűtésrekonstrukció esetén is kivitelezhetőek, ha esetlegesen a kazánház közvetlen környezetében nem biztosítható a tüzelőanyag tároló. Ebbe a kategóriába tartoznak a pellet eltüzelésére alkalmas kandallók és kályhák. Ezt a megoldást elsősorban látvány és hangulat elemeként fejlesztették ki, így alakultak ki az üveges kályhától kezdve egészen a vízteres kandallóig bezárólag sokszínű megoldások. Telepítésük egyszerű, alacsony helyigény jellemzi őket. Üzemeltetésükhöz villamos áram és kémény csatlakozás szükséges, illetve tűzvédelmi szempontból a gyártók által meghatározott védőtávolságokat kell figyelembe venni. A vízteres pellet kandalló önállóan is vagy egy központi kazánnal (akár gázkazánnal is) központi fűtési rendszerbe köthető. Ezek a berendezések többnyire 15-40 kW közötti névleges hőteljesítménnyel rendelkeznek és magas hatásfokkal üzemeltethetőek.



8. ábra Haas + Sohn típusú pelletkályha

[https://www.haassohn.com/de/produkte/pelletoefen/HSP%20%20LUCCA-II-RLU\\_f-11005](https://www.haassohn.com/de/produkte/pelletoefen/HSP%20%20LUCCA-II-RLU_f-11005)



Tüzeléstechnikai rendszerük oly mértékben automatizált, hogy megfelelő számítástechnikai háttérrel akár emberi beavatkozás nélkül képesek működni, feltéve hogy a tüzelőanyag adagolása és a hamu eltávolítása megoldott. Nyugat-Európában terjedtek el azok az automata és komplex rendszerek, amelyek teljes körűen kiszolgálják a végfelhasználót így nyújtva teljes alternatívát a földgáztüzelésnek. Ezeknek a berendezéseknek a tüzelőanyag begyűjtása történhet elektromos izzítással, meleg levegő befújással esetleg külső begyűjtással. A tűzágy kialakítást követően automata csigaadagolással biztosítható a kívánt hőteljesítmény. Ezek a rendszerek a gázkazánhoz képest nagyobb karbantartási igényvel rendelkeznek. Háztartásokban gyakran megtalálható a hagyományos vegyes tüzelésű kazán, ami csekély átalakítás után, pellet égő beszerelését követően alkalmassá tehető pellet-tüzelésre. Az ilyen jellegű kivitelezés egyszerűen megoldható.



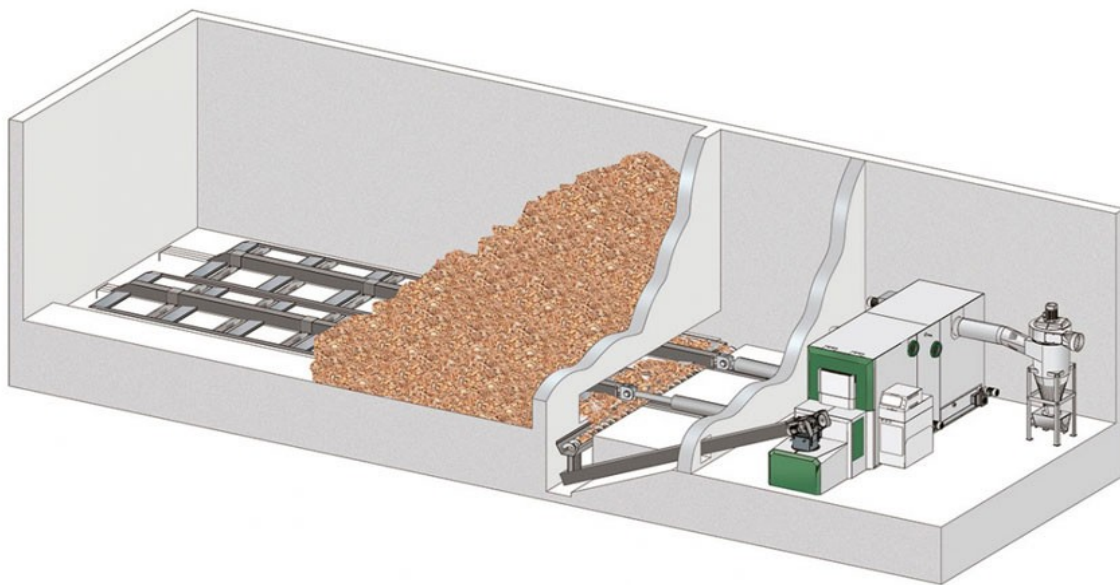
9. ábra Ferroli pellet égőfej

<https://netkazan.hu/termek/993/ferroli-sun-p7-n-pellet-ego>

#### 2.6.5 Közepes- és nagy teljesítményű fűtőművek

A folyamatos üzemű, automatizált biomassza fűtési rendszer állhat egy nagy, vagy több, párhuzamosan kötött kisebb teljesítményű berendezésből

egyaránt. Az előbbi előnye a rendszer egyszerűbb technológiai kialakítása, míg hátránya az esetleges műszaki hiba esetén történő teljes leállítás. Az utóbbi kialakítás előnye lehet a rendszer-üzemeltetésnél megvalósítható teljes vagy részleges üzemi működés jobb szabályozása, technológiai biztonsága, hátránya a magasabb beruházási költség és nagyobb karbantartási igény. A fűtőművek tervezésénél első lépésként meg kell vizsgálni a gazdaságosan beszerezhető és eltüzelhető biomassza mennyiséget, aminek energiatartalmát össze kell hasonlítani az átvételi oldal energiaszükségletével. A nagyobb teljesítményű tüzelőberendezések tűzterében általában mozgó rostély található, a legnagyobb teljesítmények esetében pedig fluid-ágy lehet. Fontos tényező a tüzelőanyag homogenitása, ezért a tüzelőanyag előkészítésén nagy hangsúly van. A mindenkori gazdaságossági szempontok szerint lehet kész aprítékot vásárolni, de előfordulhat, hogy rönk formájában kerül a létesítményhez a tüzelőanyag. Ebben az esetben aprítógépnek kell feldolgozni a tüzelőanyagot, majd bejuttatni a tüzelőanyag tárolóba.



10. ábra Herz típusú kazán rajza 500 – 1500 kW teljesítmény között

<https://www.herz-energie.at/en/products/storage-and-transport-systems/for-wood-chips-or-pellets/>

A tüzelőanyag tárolóban szükséges kialakítani egy éklétrás vagy bolygatóműves kiszolgáló rendszert, amit egy csigás adagoló követ a tűztérig. A tüzelőberendezés után, a technológiai sorba illesztve ciklont alkalmaznak, melynek feladata a füstgáz szilárd részecskéinek leválasztása. Szükség esetén pedig speciális füstgáztisztító berendezés alkalmazása is indokolt lehet. Nagyobb teljesítményű vagy településfűtőművek esetén fokozott figyelmet kell fordítani a hőcserélő felületek tisztítására, hiszen ez nagyban befolyásolja a hatásfokot. A nagy berendezéseknél leginkább elterjedt megoldás pneumatikus rendszerű, lefúvásos tisztító, amely meghatározott időközönként nagynyomású levegővel fúvatja le a hőcserélőn a füstjáratokat. A rendszer egy másik fontos eleme a füstgáz szilárd szennyeződéseit leválasztó ciklon, amely a biomassza tüzelőberendezésekben környezetvédelmi szempontból rendkívül fontos, ami lehet a berendezésbe integrált, vagy akár egy különálló egység.

## 2.6.6 Biomassza erőművek

Tüzeléstechnikai szempontból a fásszárú biomassza elégetése jelentős mértékben hasonlít az alacsony fűtőértékű barnaszénéhez, a lágyszárú biomassza több olyan sajátos tulajdonsággal rendelkezik, melyek eltérőek a hagyományos szilárd tüzelőanyagok tulajdonságaitól. Nagyobb kazánok (>500kW) esetében a rostélyos tüzelőberendezések a leggyakrabban alkalmazott fatüzelési technológiák közé tartoznak. A rostélyos tüzelőrendszer előnye, hogy a tüzelőanyaggal szemben nagy a toleranciája. Nedvességtartalom szempontjából akár a 45% - os is eltüzelhető, a méretet tekintve a fűrészporthól egészen a 80 mm-es apríték és kéreg frakcióig alkalmas a tüzelésre. Széleskörű alkalmazhatóságának köszönhetően, a 100 kW - 50 MW méretben, rostélyos tüzelőrendszerből több százezer ilyen rendszer működik Németországban, Ausztriában és Svájcban. Léteznek rostély nélküli tüzelőberendezések is, ez a műszaki

megoldás az elmúlt 20 évben számos verzióban került kivitelezésre. Ilyen műszaki tartalom esetén a tüzelőanyagot egy turbulens áramban szemcsés ágyon többnyire kvarchomokon lebegtetik. Ez a folyamat egy úgynevezett fluidizációs állapotában valósul meg, amelynél a homok mint egy nagy sűrűségű folyadék viselkedik. Ezen a nagy sűrűségű folyadékágyon intenzív keveredés mellett valósul meg az égés. Ezeknél a kazánoknál a nagyfokú, intenzív hő és anyagáramlás miatt igen nagy fajlagos égetési teljesítmény érhető el. Mozdó alkatrészek híján a szerkezet egyszerűnek mondható, melyben nagyrészt egyenáramú folyamat megy végbe. Az égetendő anyag a fluidágyra esik, ahol rövid időt tölt, mivel kiégéskor az ágy fenntartására befújt levegő elragadja. A fluidágy a részecskék szemcseméretével és eloszlásával szemben nagy toleranciát mutat. A tüztér szokásos tüztérhőmérséklete 750–850 °C. A fluidizációs tüzelőberendezések jellemzően a nagyobb 15MW teljesítmény feletti tartományban terjedtek el. A hazánkban megvalósított biomassza tüzelésű nagy kazánok: Pécs, Kazincbarcika, Ajka, kivétel nélkül mind fluidizációs ágyat alkalmaznak. Ekkora méretben alkalmazott tüzelőberendezések esetében a füstgáz hasznosításával elgőzöltetett közeg valamely energia átalakító egységben munkát végezve állíthat elő villamos energiát. Ezek az egységek lehetnek dugattyús gépek, gőzturbinák, speciális ORC rendszerek, vagy Stirling motorok. (Gyuricza et.al. 2014)



11.ábra Ajka Erőmű

<https://www.veolia.hu/hu/ajkai-eromu>

## 2.6.7 A miskolci Kenderföldi biomassza fűtőmű

A miskolci távfűtő rendszer része a Kenderföldi hőközpont. A kivitelezés során egy 3 MW teljesítményű faapríték tüzelésű kazán került beépítésre, illetve egy 900 méter hosszúságú földbe fektetett távvezeték pár. A beruházáshoz tartozik egy 10 tonna/óra teljesítményű mobil aprítóberendezés beszerzése, és mintegy 1000 m<sup>2</sup> -es fedett tüzelőanyag tároló kiépítése. Az automata teljesítmény és tüzelőanyag szabályozására alkalmas kazánház csak a fűtési szezonban termeli a hőt. Éves szinten 4500 tonna faaprítékot használnak fel, mely erdészeti kitermelésből, illetve fűrészüzemből származik. A hőközpont a 53/2017. (XI. 18.) FM rendeletben előírt emissziós előírásokat jóval a határérték alatt teljesíti, így a kertvárosias lakókörnyezet terhelése minimális. A fűtőmű 2012. februárjában kezdte meg üzemszerű működését, és a 2017. december 31-ig terjedő időszakban 212 036 GJ hőenergiát állított elő biomassza forrásból, ebből kifolyólag 7 007 138 m<sup>3</sup> földgáz eltüzelését kerülte el, mellyel 13299 tonna CO<sub>2</sub> kibocsátással mérsékelte a levegő terhelését. A telepített kazán típusa egy Binder RRK 2500-300/6, aminek rostélya ferde, bolygatott. Névleges teljesítménye 3 MW, és a megtermelt hőhordozó meleg víz, 110/90 °C - al rendelkezik. A rendszer részét képező fedett tároló 1038 m<sup>2</sup> - en helyezkedik el, ami 700 tonna tüzelőanyag raktározását teszi lehetővé. A napi tároló térfogata 180 m<sup>3</sup> (Siska 2019)



12. ábra miskolci Kenderföldi hőközpont

<https://eromuvekejszakaja.hu/miskolc-biomassza-futomu/>

## 2.6.8 Pornóapáti fűtőmű

Pornóapáti község Vas megyében, közvetlenül az osztrák határnál található. A lakosság száma a projekt megtervezésekor 380 fő körül alakult, ami 136 családi házat jelentett, melyek közül 104 db ház lakói jelezték a rendszerhez való későbbi csatlakozási szándékukat. Kilenc közintézmény, valamint néhány helyben működő vállalkozás esetleges kapcsolódása is figyelembe lett véve a szükséges energiaigények meghatározásakor. A fűtőmű 2005 októberében kezdte meg működését.



13. ábra Pornóapáti fűtőmű

<http://okosvaros.lechnerkozpont.hu/hu/peldatar/pornoapati-biomassza-futomu>

A rendszerre csatlakozók száma ekkor 62 családi ház, illetve közület volt. A létesítéskori rákötések számától függetlenül valamennyi ingatlan kapott csatlakozó vezetéket. A szigetelt, földbe fektetett hőtávvezetékek hossza így 3900 méter. A fogyasztóknál kerülnek felszerelésre a hőközpontok, melyek a helyi fűtési és használati melegvíz köröknek adják át a hőt. A csatlakozó szekrényekben található a hőcserélők, a keringető szivattyúk, a hőmennyiségmérők, szabályzó és jeladó szerelvények is. A fűtőmű épülete két nagyobb helyiségből, kazánházból- ahol 2 db 600 kW teljesítményű aprítéktüzelő berendezés található- és egy tüzelőanyag tárolóból áll. A 2006/2007-es fűtési szezonban a rendszerre csatlakozók

száma 69 db volt, a felhasznált faapríték pedig 347,60 tonna. A kazánokban megtermelt hőmennyiség 4131 GJ volt. Az átlagos 86,7%-os számított kazánhatásfok mellett magának a rendszernek a hatásfoka átlagosan 50,3%. A 2007/2008-as fűtési szezonban a rendszerre csatlakozók száma 67 db volt. A felhasznált faapríték 419,42 tonna. A kazánokban megtermelt hőmennyiség 4882 GJ volt, 85%-os átlagos számított kazánhatásfok mellett. A fogyasztókhöz eljuttatott hőmennyiség 3063,1 GJ. A rendszer hatásfoka átlagosan pedig 52,1%. A 2008/2009-es fűtési szezonban a rendszerre csatlakozók száma nem változott, a felhasznált apríték 364,93 tonna. A kazánokban megtermelt hőmennyiség 4209 GJ. Az átlagos kazánhatásfok 82,23%-os, a rendszer hatásfoka átlagosan 51,8%. A fogyasztók összesen 2691,3 GJ energiát használtak fel. (Németh 2011)

## 3. Anyag és módszer

### 3.1 Darvastói bauxitbánya

A darvastói bauxitlencsék - a Déli-Bakony északi előterében, a Tapolcai-medence és a Bakonyalja között elterülő - nyirádi bauxitterülethez tartoznak. Maga a vidék alig kiemelkedő fennsík; tengerszint fölötti átlagmagassága 200 méter környékén van. A Bauxitlencse Darvas-tó, földtani természeti érték, ami a Dunántúli-középhegységre jellemző bauxitképződés emlékét őrzi. Magyarországon jelentős ipari tényező volt a XX. században a bauxit bányászat. Napjainkban hazánk területén nincs működő bauxitbánya. Az 1960-ban megnyitott darvastói bauxitbánya a hetvenes évek közepéig működött. A „Darvastói Formációnak” nevezett geológiai képződmény miatt a terület természetvédelmi oltalom alá került 1971-ben. A bánya bezárását követően a formáció megőrzése érdekében rekultiválásra nem került sor. A természetvédelmi területet a Balaton-felvidéki Nemzeti Park felügyeli és gondozza. Dunántúli középhegységre jellemző kőzet alkotói a dolomit és a mészkő. Az évi középhőmérséklet 10 C°, éves szinten 600-700 mm közötti csapadék mennyiség hull le. A terület szegény felszíni vizekben, a csapadék a repedéseken, víznyelőkön keresztül gyorsan eltűnik. (Könnyid - Szabó 2019)



14. ábra korábbi bánya terület

<https://csodahelyek.hu/2023/02/20/bauxitlencse-darvas-to-nyirad/>



## 3.2 Bakony Integrált Szociális Intézmény

Az intézményt a Fővárosi Tanács 1983-ban létesítette Darvastón, Budapesttől 180 km-re, a megszűnt bauxitbánya területén, a felújított épületekben így került a kezdetben a kietlen, sivár épületek közé 58 fiatal. Harmonikus intézeti életforma biztosítása volt a cél, mely szerint az értelmi fogyatékosoknak lehetőségük nyíljon egyéni képességeik kibontakoztatására, tartalmas közösségi tevékenységre, társas munkavégzésre. Szempont volt az otthonos, meleg környezet kialakítása. Az intézet megnyitásakor a terület rendezetlen, sivár volt. Az intézet alapvető funkciója a foglalkoztatás. A foglalkoztató műhely 1989-1990-ben készült el. A következő lépés a zártság oldása volt. Angol és svéd minta nyomán dolgozták ki a Félúton Házak (Half way homes) programot, olyan enyhe és középfokban sérült jó képességű lakók számára, akiket az önálló munkavégzésen kívül szociális kapcsolatteremtő képességük, készségeik, jártasságaik alkalmassá tesznek arra, hogy a program adta nagyfokú önállósággal boldogulni tudjanak. Tisztában vannak a pénz értékével, önkiszolgálók, kapcsolataikat önállóan és etikusan szervezik. Először 2 db félúton ház készült el 1989-91 -ben. 1991-ben elkészül a Félúton Ház szakmai program, 5 db 8 férőhelyes 40 fő elhelyezésére alkalmas családi ház megépítése, a szükséges infrastruktúra fejlesztésével. 1996 októberében döntés született a Félúton Ház II. programról. Egy nevelői apartman ház is megépítésre került, ami a pedagógusok és ápoló-gondozók telephelye volt. 2000 novemberében 6 db épületet adtak át, majd 2002 nyarán újabb 4 épületet vehettek birtokba a lakók. Az évezred első éveiben már folytak az előkészületek, tervezések, az intézet teljes körű rekonstrukciójára, bővítésére, annak érdekében, hogy a bázisintézmény zsúfoltságát megszüntessék, és az ellátást bővítsék 37 férőhellyel. 2007 szeptemberében az intézetben új szabadidőparkot avattak. Az intézet foglalkoztató jellegéből adódóan vannak sajátosan itt jellemző épületek, amik az alapítás óta működnek, vagy az idő és az igények előrehaladtával épültek fel illetve szűntek meg. A lakók ellátása ápoló-gondozó otthoni ellátásban történik, ezen belül két

ellátási formában: - hagyományos ellátás, valamint a korábban már említett Félúton Házas ellátás. Hagyományos ellátás keretén belül a lakók elhelyezése 3 db kétszintes szállóépületben, 4 ágyas szobákban, 20-30 férőhelyes gondozási egységeken történik. Félúton Házas ellátás: Az intézmény kerítésén belül 2, kerítésen kívül 10 családi házban 115 lakó kapott lehetőséget önállóbb életvitelre. Itt a lakók elhelyezése önálló, egy, illetve kétszintes egyenként 6, 8, 10 vagy 11 fős családi házakban történik. Az intézmény jelenleg 279 férőhellyel működik. A férőhelyek kihasználtsága az alapítástól kezdve megközelítőleg 100%-os. (<https://epiteszforum.hu/igazi-otthon-foglalkoztato-intezet-darvasto>)



15. ábra Hagyományos ellátás épületei

<http://www.darvasto.hu/index.php?pid=11&nav=&id=1>

### 3.3 Meglévő fűtési rendszer

Az intézmény területén lévő hat épületben radiátoros fűtési rendszer került kiépítésre, amit egy központi kazánházzal fűtenek. A hőközpont az ingatlan déli részén található, amiben a kor követelményeinek megfelelő, korszerű gázkazánok és jó állapotú távfűtési csővezetékrendszer található, ami közvetíti az épületek fűtővizét. A fűtési rendszer 3 db Viessmann, egyenként 450 kW azaz összesen 1 350 kW névleges

teljesítményű kondenzációs gázkazánnal működik, amely a jelenlegi hőtermelője a radiátoroknak és a HMV tárolóknak.

### 3.4 Megvalósítandó biomassza hőközpont.

Az intézmény energiabiztonsági okokból tartalék fűtési rendszernek 7 db konténeres pelletkazánt kapott. Épületgépészeti tervezési és kivitelezési feladat a konténeres pelletkazánok szakszerű csatlakoztatása a meglévő fűtési rendszerhez úgy, hogy az a meglévő gázkazánokról és a pelletkazánról külön-külön is tudjon üzemelni. Az újonnan telepítendő pelletkazánok alternatív hőforrásként fognak szolgálni, mellettük két pellettároló is helyet kap. A pelletkazánok és a gázkazánok felváltva az üzemeltető döntése alapján tudnak működni, ami lehetővé teszi a rendszer hatékonyabb működését és az energiaköltségek csökkentését. A 7 db Pelletkazán külön konténerben egyenként 175 kW-os, így biztosítva összesen 1 225 kW névleges teljesítményt. A konténerkazán tartalmazza a következő főbb rendszerelemeket: pelletkazán, keringető-szivattyú, lemezes hőcserélő elzárók. Hidraulikus csatlakozás a pelletkazán lemezes hőcserélőjén a szekunder oldali csonkokra lehetséges. (<https://ekr.gov.hu/>)

### 3.5 Kazántechnológia

A beépített tüzelőberendezés egy atmoszférikus melegvizes kazán, amit jellegéből adódóan tilos nyomás alatt használni. A gyártó a kazán tetején nyitott tágulási tartályt telepített. A berendezés biomasszát, azon belül pedig pelletet használ tüzelőanyagként. A berendezés kazán egységből, tüzelőanyag tárolóból és hozzá tartozó adagoló rendszerből, illetve intelligens vezérlőrendszerből áll. A három rendszer teljesen egybeépítve van megtervezve és kivitelezve. A nem integrált kialakítású versenytársakhoz képest könnyebben használható, telepíthető és intelligensen működtethető, ami nagyfokú kényelmet biztosít a felhasználók számára. A vezérlőrendszer a legfejlettebb tüzelési

technológiát alkalmazza. A pellet tüzelőanyag égési paramétereinek megfelelően új generációs égetési eljárást fejlesztettek ki, így a biomassza tüzelőanyag energiatartalma teljes mértékben érvényesülhet. A hőcserélő egy úgynevezett terelőlemezes módszert alkalmaz, ami miatt a magas hőmérsékletű füstgáz hosszabb időt tölt el a hőcserélőben, aminek köszönhetően teljes mértékben felszabadítja a hőt, és javítja a hatásfokot. A leírt tulajdonságok kombinálásával a hőtermelő energiatakarékosabb, a hatásfoka pedig a gyártó, forgalmazó műszaki leírása szerint jelentősen, állításuk alapján 30-50%-kal javul. A tüzelőanyag-adagoló rendszer kétlépcsős adagolóberendezést alkalmaz ami azt jelenti, hogy az egymás fölött elhelyezkedő csigák egy ejtő garattal vannak megszakítva. Ennek a megoldásnak a segítségével csökkenthető a biomassza kazán visszaégésének kockázata, illetve ezzel párhuzamosan csökkenthető az adagolórendszer terhelése, aminek következménye a csökkenő tüzelőanyag-adagoló motor villamosenergia-fogyasztása. Az intelligens vezérlőrendszer magas fokú automatizáltságot biztosít. A berendezés jó néhány éve elérhető a piacon. Beüzemelő és szervizelő háttérrel rendelkezik.

3. táblázat kazántechnológia műszaki paramétereit

	Név	Mértékegység	Paraméterek
1	Model	-	CWHS0.175-85/60-SCII
2	Munkavégzési nyomás	MPa	0
3	Névleges tűztér teljesítmény	kW	175
4	A füstgáz ventilátor teljesítménye	W	370
5	Az égési levegő ventilátor teljesítménye	W	320
6	A kémény átmérője	mm	165
7	A víz bemeneti és kimeneti átmérője	mm	68
8	A lefúvató cső átmérője	mm	39
9	A pót vízcső átmérője	mm	39
10	A légtelenítő cső átmérője	mm	39
11	Tüzelőanyag fogyasztás	kg/h	29
12	Szállítás tömege	kg	1100
13	Névleges feszültség	V	230

A hamu eltávolításáról a kezelőnek kell gondoskodnia. A leggyakrabban a tűztér tisztítását kell megoldani, 1-2 naponta van erre szükség. A lerakódott hamut a por eltávolító rúd segítségével lehet eltüntetni. Amennyiben a tüzelőanyag hamutartalma viszonylag nagynak mondható, akkor naponta végre kell hajtani ezt a feladatot. Ha azonban a tüzelőanyag különösen hajlamos kokszolódásra, akkor ez naponta többszöri feladatot is jelenthet. A hőcserélőt minimum havonta kell tisztítani, a füstgázventilátort pedig két havonta.

A kazán, a füstgázventilátor és az égési levegő ventilátor vezérlése a kazán oldalán elhelyezett szekrényen lévő kezelőszervekkel lehetséges. Egy 5"-os színes TFT képernyőn lehet ellenőrizni a 10 mechanikus gomb segítségével adott parancsokat. A vezérlőszekrény tartalmaz egy főkapcsolót. A kazán, valamint a segédberendezései csak akkor kapnak áramot amikor az ON állásban van. Amennyiben OFF állásba kerül, a rendszer áramtalanítva van. Rendelkezik egy vészkapcsolóval, amely működtetésével ugyanazt a hatást érhetjük el, mint a főkapcsoló OFF állapotba való fordításával. A szivattyú választókapcsolója egy kétállású kapcsoló, ami a rendszerhez tartozó két párhuzamosan beépített szivattyú közül választja ki, hogy melyik üzemeljen. A kezelőfelület rendelkezik egy kijelzővel, ami üzem közben tájékoztatást nyújt a kazán és a segédberendezéseinek állapotáról, illetve megjeleníti a beállításokat. A különböző teljesítmény fokozatok kiválasztását négy különböző gomb szolgálja. Rendelkezik egy multifunkciós gombbal, amivel a lángőrzés üzemállapotát lehet kiváltani, emellett a másodlagos menüben való lapozást szolgálja.

### 3.6 Konténerkazánok

A kazántechnológia a gyors és rugalmas kivitelezhetőség érdekében konténerben lett elhelyezve. Ennek hossza 6058 mm, szélessége 2458 mm, magassága pedig 2896 mm. A telepíthetőséget könnyítendő a konténerben a kazán külső részeit, de szerves részét képező égési levegő

és füstgáz ventilátorok mellett további épületgépészeti elemek kaptak helyet.



16. ábra Konténerkazán műszaki tartalma  
Saját fotó

A gyártók a kazánok konténerbe való beszerelésekor figyelembe vették az ide vonatkozó előírásokat, miszerint a tűztér ajtaja előtti távolság nem lehet kisebb, mint 1,5 méter; a kazán oldalai és a hátsó vége közötti szabad távolság nem lehet kisebb, mint 0,8 méter.

A beépített hőcserélő segíthet a kazántest tisztaságának megőrzésében és az élettartam meghosszabbításában, megakadályozza a kazán vízkövesedését és növeli a hővezető hatást. Ellenkező esetben a vízminőségi problémák a hatásfok 50%-os csökkenését okozzák, és a kazán akár meg is repedhet a vízkő okozta egyenetlen hővezetés miatt.

A hőcserélőnek négy csőcsatlakozása van, amelyek az ellenáramú hőcsere elve szerint működnek: a hőközeg felülről megy be és alulról ki, a fűtött közeg alulról megy be és felülről ki. Típusát tekintve egy BR01 típusú lemezes hőcserélő.

A keringetőszivattyút a kazán előremenő vezetékébe szerelik be. Ebben az esetben a cirkulációs vízszivattyúk száma kettő, mivel az egyik a készenléti szivattyú. Az alkalmazott típusa TD32-14G/2 amely  $Q=8\text{m}^3, H=14\text{m}, N=0.75\text{KW}$  paraméterekkel rendelkezik.

### 3.7 Telepítési program

A 1445/2022. (IX. 19.) Korm. határozat alapján a Kormány megbízást adott a technológiai és ipari miniszter részére azzal a céllal, hogy magyar gyártó bevonásával, a kazángyártás hazai hozzáadott értékének növelésével lehetőséget biztosítson a magyarországi közintézményeknél alternatív fűtési lehetőséget biztosító konténerkazánok beszerzésére és üzembe helyezésére. A Kormányhatározat céljainak elérése érdekében szükségessé vált meghatározott számú konténerkazánt importálni. Az import forrásból beszerzésre került kazánok esetében a Közösségi és Magyarországi szabályozásnak való műszaki-, technológiai megfelelőségét átalakítási programmal lehetséges biztosítani. Az Energiaügyi Minisztérium és a beszerzést elvégző között létrejött Támogatási Szerződés alapján a kazánt biztosító és a végfelhasználó közötti telepítéshez kapcsolódó feladatok pontos lehatárolása is szükségessé vált.

### 3.8 Földmunka

A projekt helyszínét Csabrendek Nagyközség Helyi Építési Szabályzatáról szóló önkormányzati rendelete K-isz övezeti jelű beépítésre szánt különleges szociális intézményi területbe sorolja. A szóban forgó építési övezeten belül a megengedett legnagyobb beépítettség 30 %. A megengedett legkisebb építménymagasság 3,00 m, a legnagyobb pedig 7,50 m. A legkisebb kialakítandó zöldfelület 40 %. A telepítés során a telek beépítési paraméterei megváltoznak az alábbiak szerint: a telek mérete 51 633 m<sup>2</sup>, ebből a beépített telekterület a telepítés előtt: 4562,95 m<sup>2</sup>, azaz a beépítettség a telepítés előtt 8,84 %. A konténerek bruttó alapterülete 125,74 m<sup>2</sup>, így a beépített telekterület a telepítés után 4688,69 m<sup>2</sup>, így lesz a beépítettség a telepítés után 9,08 %. A konténerek telepítése a zöldfelületi fedettséget jellemzően nem változtatja. A konténerek tervezett telepítése Csabrendek Nagyközség Önkormányzata Képviselő-testületének Csabrendek Nagyközség településképének

védelméről szóló 24/2017. (XII.27.) önkormányzati rendeletében foglalt településképi előírásoknak megfelel. Az elhelyezni kívánt konténerek zárt fém dobozok, tető nélküli kivitelezésűek. Borításuk RAL 9010 színe nem harsány, a rendelet előírásainak megfelel. A konténerek telepítésének tervezett helye füves zöldfelület, amely a déli telekhatár mellett fekszik.



17. ábra Darvasto

<https://www.google.com/maps/place/Darvast%C3%B3+F%C5%91v%C3%A1rosi+%C3%96nkorm%C3%A1nyzat+Foglalkoztat%C3%B3+Int%C3%A9zete>

A füves területtől keletre nagy kiterjedésű kerítéssel leválasztott alábányászott zöldfelület található, amely építési célra nem használható. Hasonló elkerített terület található a nyugati oldalon is, amelynek esetleges építési célú igénybevétele jelentős terep- és zöldfelület rendezéssel járna. A konténerek szomszédságában lapos tetős kiszolgáló épület található. A konténerek megjelenése, színe az épülethez illeszkedni tud. A telken belüli lakó- és kiszolgáló épületek többsége kis hajlású tetővel rendelkezik, tetőhéjalásuk fémlemez fedés. A kazánház épülettől déli irányban elterülő füves zöldfelületen 7 db 2,36x5,92x2,40 befoglaló méretű pellet üzemű kazánkonténer és 2 db 2,36x5,92x2,40 befoglaló méretű, a pellet tárolására szolgáló tüzelőanyag tároló konténer kerül elhelyezésre.



### 3.9 Hőközpont kialakítása

A konténerek telepítéséhez több feltételnek teljesülnie kell. A fogadóalaprak készen kell lennie. A villamos betápláláshoz 230 V - ra van szükség, konténerenként 16 A szükséges. A víz betáplálásához ¾" csatlakozón lágyított víz szükséges. A fűtési rendszerhez előremenő és a visszatérő DN50 csővezetékeket kell kiépíteni. A konténereket a kémény helyén ki kell vágni. A füstgázvezetést meg kell tervezni, le kell gyártani és fel kell szerelni, természetesen figyelembe kell venni a szomszédos épületek magasságát. A DN40 - es ürítő vezetékeket be kell kötni a csatornahálózatba. A konténerkazán fűtési hálózathoz való csatlakoztatásának szempontjából figyelembe kell venni, hogy a hőcserélőre rákötött szekunder kör ajánlott víztérfogatárama 8m<sup>3</sup>/h és a hőcserélő ellennyomása a megadott térfogatáramnál kb. 60 kPa. A csatlakozó karima DN50 PN6-os. A kazán működéséhez biztosítani szükséges hálózati vizet, 2-4,5 bar nyomáson. Így lehetséges a kazán nyitott vízterének, a szikraleválasztónak vízzel történő feltöltése és utánpótlása. A kazán működéséhez biztosítani kell laz időszakos Jakob szelepből képződő szennyvíz leengedési lehetőségét. Ez egy 2"-os menetes 60,3-as csővel indul. A kazán 3m hosszú, 150mm-es füstgáz elvezető, szigeteletlen csővel kerül átadásra mobil jellege miatt. De ezt cserélni kell, a kivitelezés előtt tervezni szükséges. A nedves füstgáz térfogatárama 700m<sup>3</sup>/h, hőmérséklete 200 °C. A kazán kémény kivezetése két irányban is megoldható. Amennyiben az épület melletti elhelyezés nem igényel magasabb kéményt 6m-nél, akkor a konténer tetején függőleges kivezetés a preferált. Ha esetleg a kémény tartószerkezetet igényel, akkor a kéményt javallott a konténer oldalán kivezetni, a padlózattól mérve kb. 2,3 m magasságban. A kémény csatlakozási mérete 160mm. Az égési - és friss levegő bevezetése miatt a konténereken 3 db szellőzőnyílás kivágása szükséges, amit ráccsal kell fedni. Kettőt a konténer ajtóhoz közel átellenes oldalon kell telepíteni, egyiket alulra másikat felülre. A harmadik a konténer zárt végébe felülre, bármely oldalra kerülhet. A szellőző segédkeret külső mérete függőlegesen

400mm, vízszintesen pedig 505mm. A kivágást úgy kell elvégezni, hogy a függőleges oldalak a belső egyenes sík felületre essenek. Rögzítése 4db 6,3x12mm-es önmetsző csavarral történik. A segédkeretet belülről kifelé kell tolni a nyílásba, majd a csavarokkal rögzíteni. Ezután kívülről UV ellenálló szilikon alapú tömítőanyaggal kell tömíteni a réseket. A szellőzőrács kívülről kerül a segédkeretbe. Rögzítése a keretbe 2 db 6,3x12mm-es önmetsző csavarral történik.



18. ábra telepített konténerkazánok  
(saját fotó)

A kazán hőcserélőjétől a kazánházba 54mm-es csővel és idomokkal kell elvezetni a fűtési vizet egy kazán esetén. Több konténer telepítésekor a gerincvezeték kiépítése során több dimenziót bővíteni kell. A csővezeték tervezésénél és kivitelezésénél különös figyelmet kell fordítani a teljes víztelenítés megoldására, mivel a mobil kazánokat teljesen fagymentesíteni kell, amennyiben azok nem üzemelnek. A szekunder oldal fagymentesítéséhez tartozik a kazán leválasztó hőcserélője is. Az utántöltő vízvezeték víztelenítési lehetőségéről is gondoskodni kell. A keringető szivattyút visszatérő ágba javasolt elhelyezni. (Drycell 2022)



19.ábra távvezeték kiépítése  
Saját fotó

#### 4. Kivitelezési munka értékelése

A kazántelepítés a közbeszerzési eljárásban meghatározott időpontra elkészült. Az eredeti épületgépészeti tervekhez képest egy ponton kellett eltérni. A digitális közmű térkép nem a valós helyen ábrázolta a földgáz vezetékét, így nem volt kivitelezhető a távvezeték árokban való elhelyezése, mert az a tervezett nyomvonalra az előírt mélységben merőlegesen gátat szabott.



20. ábra földmunka alkalmával megtalált gázvezeték

Saját fotó

Rácsos tartószerkezet megépítésére került sor, amire rögzítésre került a távvezeték, így sikerült kiváltani az árkot. Távvezeték keresztül haladt a meglévő kazánház tetején ahol a DN 133 átmérőjű előremenő és visszatérő csövek alá elemes tartószerkezet került amit a beázásveszélyének elkerülése érdekében mederlapokra lettek rögzítve. A betontömbök alá rezgéscsillapítók kerültek. A távvezeték a 7 db konténer tetején haladt tovább ahol a csőhálózat keresztmetszete fokozatosan csökkent a leágazások számával párhuzamosan. A távvezeték 19 mm vastag zártcellás szigetelést kapott amit a rágcsálók, madarak és az időjárás viszonytagságai ellen bádorgborítással kell megvédeni. A tervtől való eltérést a beruházás műszaki ellenőre az említett okok alapján

elfogadta és a rajzon feltüntette. A nyomáspróba 24 órán keresztül tartott 6 bár nyomású sűrített levegővel. Nyomás esés nem volt tapasztalható.



21. ábra nyomáspróba

Saját fotó

A munka a kazán elindításával fejeződik be, ami abban az esetben történhet meg, ha a beüzemelési ellenőrző lista minden pontjának eleget tett a kivitelező. Jó néhány kritériumnak meg kell felelni. Szerkezetileg a kazánnak, illetve segéd - és biztonsági berendezéseinek megfelelő állapotban kell lenniük. Ezt szemrevételezéssel ellenőrizik. A vízdali biztonságtechnikai feladatú szerelvényeknek is megfelelő állapotban kell lenniük, ami azt jelenti hogy a „Jakab szelepes” nyitott kiegyenlítő tartály vízszintje és működése megfelelő kell hogy legyen. A kezelő szerveknek megfelelően kell működni amit teszteléssel ellenőriznek. A vízszint, a nyomás és hőmérséklet-határoló készülékek, biztonságtechnikai szabályozók felülvizsgálatának is rendben kell lenniük. A megbízhatóság ellenőrzésére is figyelmet kell fordítani. Visszaáramlás-gátló, záró- és ürítőberendezés, kezelési lehetőségét is át kell vizsgálni. A kazánvíz előkészítő berendezések működőképességére is figyelmet kell fordítani. A kazánvíz minőségének ellenőrzése is fontos szempont. Előírás szerint lágyvizet kell alkalmazni. A kazán szemrevételezését követően a kazánüzem részére átadott dokumentáció teljességét át kell nézni. Ez azt jelenti, hogy szakhatósági bizonylatok, tervek átvizsgálása is egy elengedhetetlen kritérium. A szabadtéri elhelyezés miatt a villámvédelemről készült kockázat- elemzésnek és az érintésvédelem bizonylatának rendelkezésre kell állnia. Az érintett berendezések

megfelelőségi tanúsítványának úgyszintén. A kéményseprő-ipari közszolgáltató nyilatkozata is szükséges a próbaüzemhez. A beépített anyagok, szerelvények műbizonylatai is elengedhetetlenek. A sikeres beüzemelést, a hideg üzemi beállítást és a meleg üzemi beállítást jegyzőkönyvekkel szükséges dokumentálni. A próbaüzemre azaz az első begyűjtásra a garanciális feltételeket vállaló és erre a feladatra felkészített és jogosultsággal rendelkező beüzemelő szakembert kell felkérni. A beüzemelés alkalmával a későbbiekben az üzemeltetéssel foglalkozó dolgozóknak jelen kell lenniük mert egy időben a betanítás is megvalósulhat. Ekkora teljesítmény működtetését csak kazánfűtői végzettséggel rendelkező munkavállaló végezheti.

## 5. Következtetések, javaslatok

A hőközpont kialakításával egy tartalék kazánház létrehozása volt a cél, ami csak szükségüzem esetén alkalmazandó. Így a tervezett és megvalósított műszaki tartalom a célnak megfelelő. Logikus lépés egy kedvezőbb árú berendezést beszerezni. Amennyiben csak a műszaki megoldásokra figyelünk, akkor találunk néhány korszerűbb és hatékonyabb megoldást. A kazántechnológia hasznos lenne de az üzemeltetési feltételeken lehetne javítani ha egy nagyobb tüzelőanyag-tárolóval, ami nem csak a napi hanem heti, havi vagy teljes szezonra elegendő pelletet tud eltárolni, ezzel növelve az autonómiát. A tüzelőanyag dupla csigával jut a tűztérbe, ami egy ejtőgarattal van megszakítva a visszaéégsgátlás miatt. Az alsó csiga nem csak szakaszos, hanem folyamatos működése még kevésbé tenné lehetővé, hogy a berendezés visszaégjen. Szükség esetén egy esetleges oltóvíz ráengedése egy hőmérséklet érzékelő vezérlésével az alsó csigára még biztosabbá tenné a visszaéégés gátlást. Ezt csak abban az esetben szabad megtenni, ha megfelelő méretű szerelőnyílás kerül kialakításra, mert az elégett és megázott pellet száradás után erősen meg tudja fogni a csigát. Ekkora teljesítmény esetén hasznos lenne egy mozgórostélyos kivitelezésű kazán használata, hiszen annak tűztere könnyebben tisztán tartható, ami jelentősen növeli a hatékonyságot. A tüzelőanyag minőség függvényében esetleg el lehet gondolkozni a vízhűtéses rostélyos megoldáson. Amivel csökkenthető a nemkívánatos salak képződés mert nem hagyja a tüzelőanyagnak elérni azt a hőmérsékletet ahol össze tudnak olvadni és rögöt képezhetnek a biomasszába található szennyező anyagok. A második tűztérre vonatkozó javítási lehetőség egy automata kihamuzó rendszer, aminek segítségével nem kellene leállítani a kazánt, amíg ez a folyamat végbemegy. Egy csigás rendszer kiépítve a rostély alján alkalmas arra, hogy a hamut egy külső akár kerekekkel ellátott tárolóba továbbítsa. Ez nem csak a hatékonyságnak tesz jót, hanem a kezelő személyzetnek a dolgát is megkönnyíti. Folytatva a füstgáz útját, a

következő javítási lehetőség a hőcserélőnél található, ahova szintén hasznos lenne egy automata tisztítórendszer kiépítése szintén egy további szállításra felkészített külső egységbe. A Jakab szelep kiváltása porleválasztó ciklonra esetleg e-filterre. A kazántechnológiába nem került beépítésre a lambda-szonda. Ennek segítségével mérhető lenne a kazán elmenő füstgáz oxigén koncentrációja, aminek segítségével szabályozható lenne az égéshez adott primer és szekunder égési levegő mennyisége. Használatával tovább finomodik a kazán vezérlése és akár 1-3%-al is nőhet a kazán hatásfoka. További gyakorlati előny, hogy a Lambda szonda és vezérlés használatával, pellet tüzelőanyag váltáskor, ami jellemzően a pellet összetevőiben is változást eredményez, nem szükséges kazán szervizes munkájának igénybevétele a kazán működési paramétereinek módosításához, mert ezt a kazán a lambda -szonda által mért értékek alapján automatikusan módosítja. Egy frekvenciaváltóval ellátott füstgázelszívó ventilátor segítségével további hatásfokjavulás érhető el. Mivel hét darab konténerkazánról van szó, hasznos lenne egy üzemóra kiegyenlítésre alkalmas kaszkád vezérlés kiépítése, hogy az emberi tényezőtől függetlenül tudjon működni a rendszer. Az emberi jelenlét tovább csökkenthető egy távvezérlés kiépítésével, ami lehetővé teszi, hogy a felelős a telefonjára riasztást kapjon egy esetleges meghibásodás esetén. A fűtési rendszert illetően, mivel acélcsövek segítségével került kiépítésre a rendszer, a nagy dimenziók miatt fontos lenne megfelelő méretű iszapleválasztó beépítése. A biomassza tüzelőberendezéseknek nagy a tehetetlensége, ezt kiküszöbölendő hasznos lenne egy megfelelően méretezett puffer tároló beépítése. A fűtési csövek szigetelésre kerültek, ehhez hasonlóan építészeti oldalról fontos lenne a konténerek szigetelése is. Főleg a tavaszi és őszi időszakban, amikor reggel ráfagy a pára a konténer belső felére, ami a napközben átmelegedő szigetetlen fém konténerről leolvad és vízcseppek formájában a kazánokra csöppen.



22. ábra konténer belső felén lecsapódó pára



Saját fotó

## 6. Összefoglalás

Az elvégzett munka alapján végigkövethető egy teljes létesítményenergetikai projekt. Közel 300 fő mindennapjait befolyásoló hőközpont, és annak épületgépészeti rendszerhez való illesztése követhető nyomon. Elsősorban a műszaki megoldások és a kivitelezési feladatok kerültek vizsgálat alá. Sikerült az építészeti, a gépészeti illetve leginkább a kazántechnológia terén javítási lehetőségeket feltárni, aminek a hatékonyság növekedés lehet az eredménye. Terjedelmi korlátok miatt a dokumentációk csak érintőlegesen képezik a dolgozat tárgyát, de egy létesítményenergetikai mérnöknek tisztában kell lennie a „papírokkal” is, így további feladat lehet az e-napló, tervdokumentáció és az elektronikus közbeszerzési rendszer feltérképezése is. Üzemeltetés szempontjából pedig tisztában kell lenni azzal a ténnyel, hogy egy ekkora hőközpont csak megfelelően képzett, végzettséggel rendelkező főmunkatársakkal üzemeltethető.

## Extract

The implementation of the Az 1225 kW performance biomass boiler has been completed by the deadline determined in the public procurement procedure. We had to adjust our work according to our original building engineering plans only once. The digital public utility map depicted the natural gas pipeline in an incorrect position, so it has not been possible putting the warm water- pipeline into a pit, because it built a sheer blockage in the prescribed depth for the planned path. We constructed a grilled frame, to which we managed to fix the pipeline, so the pit could have been evited. The pipeline crossed the roof of the existing boiler -room, where we constructed a modular holding structure under the DN 133 -diameter outlet and inlet pipes, which has been fixed to concrete sheets to eliminate the danger of soaking. Vibration dampers has been built under the concrete blocks. The pipeline went further on the top of the 7 containers, where the intersection of the network of pipes decreased gradually parallely with the increasing number of offsets. The pipeline has got a 19 mm thick closed cellular insulation, which must be protected against rodents, birds, and adverse weather conditions by a tin overlay. The technical controller of the project accepted the modification of the original plan due to the underlying reasons, and he marked them on the technical drawing. The pressure test lasted for 24 hours with a 6 bar-pressure compressed air. Drop of pressure was not detected. The project ends with testing the operation of the boiler, which can only be done after completing each point of the checking list of the start-up. We must fulfil many criteria. The boiler and its servo- and safeguard mechanisms must be structurally in proper condition. This must be controlled by inspection. The safety equipment of the heating system must be in appropriate condition, too, which means that operation and water- level of the open equalizing container have to be adequate. The operating bodies must work properly, which will be tested. Water- level, pressure, and temperature- limiter equipment, safety regulators have to be supervised as well. we also have to check reliability. Backflow-

inhibitor, closing- and draining equipment should be controlled, too. We also must check the operation of the equipment that prepare the water for the boiler. Quality of the water for the boiler is also an important aspect. Soft water must be used as a prescription. After inspecting the boiler, one must review the full documentation handed over to the procurer. This includes layouts and warrants by authorities. Because of the open-air location one has to present a risk- analysis of lightning- and shock protection. Compliance lists of the equipment in question must be present as well. Statement of the chimneysweep public service is also necessary for the operation trial. Quality clearances of the materials and units built in are indispensable. Successful putting into operation, cold and warm settings must be documented by record. For the trial factory, we had to invite a trained professional, who has the authority to this task and takes on the warranty conditions. During the set-up, the future operators must be present, because of training them to the operation parallelly. Such a great performance facility can be operated only by trained staff disposing of a boiler-operating certificate. By the building this heating center, the purpose was to create a backup boiler-house, only used in emergency operation. Thus are the planned and the implemented technical contents adequate for the purpose. It is a logical step purchasing an equipment of a more favorable price. Considering only the technical solutions, we can find some more up- to- date and efficient solutions. Boiler technology would be useful, but the operating conditions could be improved by a bigger fuel container, which could store enough pellet for not only for a day but for a week or even for a whole season, this way improving the autonomy. The firing material is delivered to the firebox by a double charger, which is interrupted by a charging hopper to inhibit burning back. Not only periodic but a permanent usage of the lower charger would support this function even more. If required, letting some extinguishing water to the lower charger controlled by a temperature sensor could make the inhibition of firing back more secure. This can only be done when a properly- sized repairing gap is built in, because the pellet burnt and then soaked can block the charger heavily.

In case of such a great performance, using a boiler with a moving grill would be useful, thus making the cleaning of the fire box more effective, which improves efficiency significantly. Depending on the quality of firing material, one can consider requiring a water-cooled grill. This way the building up of unwanted ash can be decreased because it hinders the firing material in reaching a temperature at which contaminants fallen into the biomass could merge and build clots. Improving the second fire box could be done by automated ash collecting system, by the means of it it would not be necessary to stop the boiler for the cleaning period. A set-up with chargers on the bottom of the grill would be appropriate to forward the ash into an external container, maybe provided with wheels. This enlightens the work of the operating stuff and improves efficiency as well. Next improvement potential can be found by the heat exchanger, where building in an automated cleaning system forwarded into an external unit would be useful. The 'Jakab' - valve could be exchanged by dust-filtering cyclone or eventually by an e- filter. There is no lambda-probe built into this technology. By the means of this, one could measure the concentration of oxygen in the leaving waste- gas, so we could regulate the primer and seconder amounts of air added to the burning process. By using this, we could refine the boiler's operation and its efficiency could improve even by a further 1-3%. Further practical advantage would be that by using the lambda- probe and regulation, in case of switching the pellet firing material, which in general results in a change of components in the pellet, it is not necessary to employ a boiler service professional in order to modify the operational parameters of the boiler, since the boiler adjusts these automatically after the values measured by the lambda- probe. By engaging a ventilator for waste-gas set up with a frequency- changer, efficiency could be enhanced further. As there are seven pieces of container-boilers, it would be useful to build in a cascade- control unit which could balance the hours of operation. So could the system work independently from the human factor. Human presence can be further decreased by building in a remote control, which would enable the person in charge to get an alarm in case of breakdown.

As for the heating system, since there are steel pipes built in, considering the great extension, it would be important to get a properly sized mud-separator. Biomass heating systems have a great degree of inertia, so it would be very useful to build in a well-sized puffer storage. The heating pipelines are insulated, but the containers have not been, however, this would be highly important. Especially during the spring and fall, when in the morning the damp freezes onto the inner part of the containers, which dissolves during the day and drops on the boilers as a form of waterdrops. By completing the work, one can witness a complete energy facility project. It is a heating center and a building engineering system, which influences the everyday life of near 300 people. Primarily, we investigated the technical solutions and the methods of execution. We managed to present improvement facilities in the fields of architecture, mechanical engineering and mostly boiler technology, which can result in efficiency improvement. Due to the limited content, documentation is only partially represented in this essay. During the operation, we must bear in mind that a heating system of the size like this can be operated only by properly trained and professional staff.

## **Köszönetnyilvánítás**

Szeretném megköszönni témavezetőm, Cseke Botond úr támogatását, útmutatását, aki hasznos tanácsaival nélkülözhetetlen segítséget nyújtott, nélküle ez a dolgozat nem jöhetett volna létre.

Köszönöm a segítséget Nagy Pálnak, a Jákófa Kft. tulajdonosának, akitől rengeteg információt, támogatást és segítséget kaptam a témakör elsajátításához. Az ő segítségük nélkül hiányosak lennének az adatok és nem lehetne teljes a szakdolgozat.

## Irodalomjegyzék

Bíró Borbála (2012) Biomassza hasznosítás Edutusz Főiskola Tatabánya p. 81 - 104

Gyuritz Csaba (2014) Energianövények, Biomassza Termelés és felhasználás MATE p. 101 - 109

Könnyid István - Szabó Péter (2019) Egy lefejtett bauxitlencse flórája, különös tekintettel az orchidea fajokra Acta Agronomica Óváriensis Vol. 60. No.1. p. 41 - 42

Németh Kornél (2011) Dendromassza-hasznosításon alapuló decentralizált hőenergia-termelés és felhasználás komplex elemzése. Doktori értekezés, Keszthely. p. 20 - 21, p. 27 - 32

Siska Orsolya (2019) Hőhasznosító berendezés méretezése biomassza távfűtőműhöz Miskolci Egyetem Anyagmérnöki kar Miskolc p. 11 - 28

Papp Vikrória (2018) Energetikai Pelletek előállításának és hasznosításának ökoenergetikai vonatkozásai. Doktori értekezés, Sopron. p. 18 p. 21 p. 83



## Internetes Források

- Internet1:<https://pelletap.hu/project/fapellet/>(2023. december. 28.)
- Internet2:<https://faipar.hu/hirek/kapcsolodo-technologia/3122/hdg-kazanok-a-faiparnak> (2024. január. 26.)
- Internet3:<https://www.hdg-bavaria.com/produkte/hackschnitzelkessel/hdg-compact-100-200/>(2024.január. 26.)
- Internet4:(<https://www.hdg-bavaria.com/produkte/hackschnitzelkessel/hdg-compact-100-200/> (2024.január. 28.)
- Internet5:<https://www.e-kemeny.hu/schiedel-permeter25-200-as-kemeny-866-fm-1690> (2024. február. 08.)
- Internet6:<https://www.hdg-bavaria.com/produkte/regeltechnik/hdg-control/> (2024. február. 12.)
- Internet7:<https://www.heizprofishop.at/Kesselsicherheitsgruppe-DN25-1-Typ-302-bis-50kW> (2024. február. 25.)
- Internet8:[https://www.haassohn.com/de/produkte/pelletoefen/HSP%20%20LUCCA-II-RLU\\_f11005](https://www.haassohn.com/de/produkte/pelletoefen/HSP%20%20LUCCA-II-RLU_f11005) (2024. február 26.)
- Internet8: <https://netkazan.hu/termek/993/ferroli-sun-p7-n-pellet-ego>(2024. Február. 26)
- Internet9:<https://www.herz-energie.at/en/products/storage-and-transport-systems/for-wood-chips-or-pellets/> (2024. február 25.)
- Internet10:<https://www.veolia.hu/hu/ajkai-eromu> (2024. január. 10)
- Internet11:<https://eromuvekejszakaja.hu/miskolc-biomassza-futomu/> (2024.január. 20)
- Internet12: <http://okosvaros.lechnerkozpont.hu/hu/peldatar/pornoapati-biomassza-futomu> (2024.02.10)
- Internet13: <https://csodahelyek.hu/2023/02/20/bauxitlencse-darvas-to-nyirad/>
- Internet14: (<https://epiteszforum.hu/igazi-otthon-foglalkoztato-intezet-darvast>)
- Internet15:<http://www.darvast.hu/index.php?pid=11&nav=&id=1>
- Internet16: (<https://ekr.gov.hu/>)
- Internet17: <https://www.google.com/maps/place/Darvast%C3%B3+F%C5%91v%C3%A1rosi+%C3%96nkorm%C3%A1nyzat+Foglalkoztat%C3%B3+Int%C3%91>

## Ábra jegyzék

1. ábra: Fapellet	9
2. ábra: HDG – Bavaria gyártmányú Compact 150 típusú kazán tárolóval	11
3. ábra: HDG – Bavaria gyártmányú Compact 150 típusú kazán metszete	12
4. ábra: HDG – Bavaria gyártmányú mozgórostély	18
5. ábra: Pelletkályha kéményrendszerrel	19
6. ábra: Hőtermelő rendszer biomassa kazánnal és napkollektorral	21
7. ábra: Biztonsági szerelvénycsoport	22
8. ábra: Haas + Sohn típusú pelletkályha	23
9. ábra: Ferroli pellet égőfej	24
10. ábra: Herz típusú kazán rajza 500 – 1500 kW teljesítmény között	25
11. ábra: Ajka Erőmű	27
12. ábra: miskolci Kenderföldi hőközpont	28
13. ábra: Pornóapáti fűtőmű	29
14. ábra: Korábbi bánya terület	31
15. ábra: Hagyományos ellátás épületei	33
16. ábra: Konténerkazán műszaki tartalma	37
17. ábra: Darvastó	39
18. ábra: Telepített konténerkazánok	41
19. ábra: Távvezeték kiépítése	42
20. ábra: Földmunka alkalmával megtalált gázvezeték	43
21. ábra: Nyomáspróba	43
22. ábra: A konténer belső felén lecsapódó pára	46

## Táblázatjegyzék

1. táblázat: Biomassza féleségek elemi összetétele	9
2. táblázat: Biomassza-féleségek fűtőértéke és égéshője	10
3. táblázat: kazántechnológia műszaki paraméterei	35

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Enyingi András  
A Hallgató Neptun kódja: VNGYFM  
A dolgozat címe: Biomassza energetikai felhasználása, nagy teljesítményű hőközpont kivitelezési munkálatainak vizsgálata  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Georgikon Campus  
A konzulens tanszékének a neve: Agrárműszaki tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

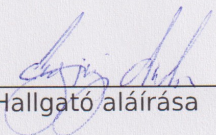
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. év 04. hó 17. nap

  
Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

**Enyingi András** (hallgató Neptun azonosítója: **VNGYFM**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>2</sup>

Kelt: 2024. év április hó 17. nap



Cseke Botond  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.