

Debreceni Egyetem

Természettudományi és Technológiai Kar

Földtudományi Intézet



**Tüzelési célú szilárd biomassza felhasználás
lehetőségei a hazai távhőszolgáltatásban, a kaposvári
fűtőmű példáján keresztül**

OTDK dolgozat

Témavezető

dr. Tóth Tamás
egyetemi adjunktus

Készítette

Vas Olivér Ottó
Geográfus MSc
Megújuló energia szakirány

A dolgozat lezárásának dátuma: 2022. november 25.

Debrecen, 2022

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1. Bevezetés	3
1.1. Témaválasztás indoklása	4
1.2. A kutatási téma relevanciája	4
1.3. A dolgozat célkitűzése	5
2. Szakirodalmi áttekintés	7
2.1. Energetika a világban	7
2.1.1. Energiahordozók és kategorizálásuk	7
2.1.2. Megújuló energetika az Európai Unióban	7
2.1.3. Megújuló energiaforrások Magyarországon	8
2.2. Biomassza	9
2.2.1. A biomassza fogalma	9
2.2.2. Biomassza felhasználás lehetőségei	10
2.2.3. Tüzelési célú energetikai biomassza növények	11
2.2.4. Biomassza felhasználás Magyarországon	11
2.2.5. Biomassza felhasználás a hazai távhőszolgáltatásban	14
2.3. Kaposvár és energetikai körképének bemutatása	14
2.3.1. Elhelyezkedése, lehatárolása	14
2.3.2. Kaposvár energetikai helyzetének bemutatása	15
3. Anyag és módszer	17
3.1. Az interjúkészítés menete	17
3.2. A Kutatás elkészítéséhez használt eszközök	18
4. Eredmények	19
4.1. A kaposvári Zöld Fűtőmű megvalósulásának és működésének feltételei	19
4.1.1. Telepítési tényezők és az előzetes vizsgálatok	19
4.1.2. A Zöld Fűtőmű tüzelőanyaga	20
4.1.3. A biomassza hasznosítása a Zöld Fűtőműben	22

4.1.4. Az elégetett biomassa égéstermékének kezelése	22
4.1.5. A fűtőmű monitoringrendszere és periodikus ellenőrzése	23
4.1.6. A fűtőmű várható hatása Kaposvárra.	23
4.1.7. A fűtőmű műszaki adatainak összefoglalása	28
5. Konklúzió	30
6. Összegzés	31
Irodalomjegyzék	33
Internetes források	35

1. Bevezetés

A hazai és európai energia mixek is azt mutatják, hogy hő és áramtermelés esetében is jóval nagyobb százalékban támaszkodunk a fosszilis tüzelőanyagokra, (földgázra, illetve a szénre) mint megújulókra. Hazánk energia importfüggősége/sebezhetősége miatt szükségszerű a minél gyorsabb, illetve hatékonyabb energiapolitikai intézkedések meghozatala, ezeknek egyízben kell szolgálnia és megtestesítenie a hatékonyság mértékének növelését, a fosszilis, ezzel egyidejűleg környezetkárosítóbb energiahordozók arányának csökkentését, valamint a környezetre jóval kevésbé káros megújuló energiaforrások erőteljesebb alkalmazását (Penninger–Laza 2009). Ezt a tendenciát viszont nem lehet a végtelenségig megtartani, hiszen a készletek ezekből az energiahordozókból egyre inkább kiapadnak. Másképpen fogalmazva:

„A fenntartható energiagazdaság biztos és kiegyensúlyozott működése hosszútávon már nem építhet kizárólag fosszilis energiahordozókra, ezért a figyelem egyre inkább a megújuló és megújítható energiaforrások használatára irányul” (Popp et al., 2011).

Az energetikai irányváltás elkerülhetetlen, nem csak a fosszilis tüzelőanyagok csökkenő készletei miatt, hanem azok felhasználásuk által környezetre gyakorolt negatív hatásai révén is. Továbbá az energiafelhasználás egyfelől globálisan, másfelől lokálisan egyre nagyobb méreteket ölt. Nagy kérdés tehát, hogy miként lehetne csökkenteni az energiatermelésben az importfüggőséget, ami hosszútávon is biztos energia mennyiséggel szolgál. Viszonylag rég óta köztudott, hogy hazánk a mezőgazdálkodási és erdőgazdálkodási szempontokból is igencsak jó adottságokkal rendelkezik a biomassza kapcsán. Más megfogalmazásban azt lehet megállapítani, hogy Magyarországnak nagy a biomassza potenciálja. Nem is bizonyítja ezt jobban más, mint az a tény, hogy hazánk körülbelül 2 millió hektáros erdőállományából évente megközelítőleg 13 millió m³ fát termelnek ki (Garay et al., 2012).

Már a 2000-es évek elején is megmutatkozott a hazai biomassza felhasználás mértéke, hiszen 2006-2008-ban az EU-ban a megújulókból 68-70%-ot tett ki, míg országunkban ez az arány elérte a 92%-ot (Popp et al., 2011). Ez által is egyértelmű, hogy hazánk nagy potenciállal rendelkezik a biomasszát tekintve. Ám hiába a nagy mennyiségű energetikailag hasznosítható biomasszatömeg, még sincs eléggé kihasználva az. Már csak a kukorica szárát tekintve is Magyarországon megközelítőleg 8-10 millió tonna keletkezik, ebből 2-2,5 millió tonna, ami

energetikai célokra is hasznosítható volna, ez a mennyiség évente mintegy 20-24 PJ energiát jelentene a hazai energetikában (Mágó et al., 2010).

Természetesen a megújulók esetében nem csak a potenciállal, de az esetleges hozamingadozásokra is figyelemmel kell lenni, amikor biomasszáról van szó (Dinya, 2016). Ez nem is szorul nagyobb magyarázatra, hiszen a természet nem egy mesterkelt, folyamatosan ugyanakkora mértékkel termelődik.

1.1. Témaválasztás indoklása

A biomassza tüzelés a hazai energiatermelésben az egyik legnagyobb mennyiségű elektromosáramot és hőenergiát előállító megújuló rendszer. Egyben a biomassza tüzelésével nyert erőforrás a világon a legrégebb óta használt módszere az emberiségnek arra, hogy elegendő hőt, vagyis energiát teremtsen. Alapjaiban ez az energiateremtési technológia nem változott meg napjainkban sem, csak tudományos és műszaki újítások segítségével mindezt komplexebb, vagyis hatékonyabb rendszerben hajtja végbe. Az egyik olyan energiatermelési módozata, aminek a legegyszerűbb a szabályozása, illetőleg ez a legstabilabb lehetősége az alaperőművek által előállított energiamennyiség részleges vagy teljes mértékben való helyettesítésére. Nem elhanyagolható az sem, hogy a hazai viszonylatot nézve, a megújulók közül a biomassza hasznosítása kiemelkedő mértékű. Továbbá a beruházások, s az efféle projekteket előkészítő munkálatok is (energetikai tervezési léptékben) töretlenül folynak. Ezen ismeretek birtokában, fontos, egy olyan kutatás, melyben ezen témának valóságáról, s relevanciájáról, az általa kínált megoldható lehetőségeiről készül, abban az időszakban, mikor a fosszilis energiahordozók rendületlen virágkora van jelen. Az sem elhanyagolható, hogy a biomassza, azon belül is a fásszárú dendromassza lehet a jövő legnagyobb/legfontosabb primerenergia hordozója (Berndes et al., 2003).

1.2. A kutatási téma relevanciája

A jelenlegi háborús események tükrében az európai fosszilis energiahordozók biztosítása igencsak instabil helyzetbe hozhatja Európa megannyi országának energiaellátását. Eme hő- és villamos energia import függőségnek tükrében még nagyobb hangsúlyt kapnak a helyben is előállítható, valamint felhasználható megújulók, ezeken belül is elsősorban a biomassza nyújtotta lehetőségek. Hazánkban a szél erőművek létesítésére vonatkozó telepítési

tényezőinek előírásai miatt sajnos ezen energiatermelő egységgel csak csekély mértékben számolhatunk és valószínűleg egy ideig még ez nem is fog változni a jelenlegi tendenciák alapján. A napból érkező energiát hasznosító napelemparkok esetében figyelemmel kell lenni a légkörben lejátszódó folyamatok hatására keletkező, a termelést gátló, zavaró tényezőkre. Vízenergia tekintetében sem vagyunk túl jó helyzetben, hiszen vízi erőműveink száma és termelékenysége is meglehetősen kevés a kívánt szükségletek kielégítésére. Geotermikus adottságaink kiaknázatlanok az ilyen módon való hasznosításához. Ezen energiaforrásban rejlő potenciál kihasználásához szükséges beruházások igen költségesek lennének. A biomassza kínálta lehetőségek tűnnek leginkább alkalmazhatónak kiváltképp a hőenergia termelésben. Ennek a megújuló biomasszából való hőelőállítási technikának kutatása így még inkább fontossá válhat a jelen politikai és válságos időkben. Mivel a többi megújuló energiákból a fűtési időszakban szinte állandó nagyságú energia nem termelhető, ezért mint legkönnyebben szabályozható és előállítható energianyerési módszer, a szilárd biomassza tüzelés lett az egyik legkedveltebb hőenergia termelésre alkalmas technika. A hőtermeléssel nyert energiának az egyik, ha nem a legnagyobb feladata az épületek fűtése és használati melegvízzel való ellátása. Továbbá a biomassza felhasználása, valamint bioenergia hasznosítása országunk legnagyobb mértékű megújuló energiatermelő forrása. Nem mellesleg hazánk igen nagy bioenergia potenciállal is rendelkezik, ami miatt kulcsszerepet tudna vállalni a hazai energia importfüggőség mérséklésében.

1.3. A dolgozat célkitűzése

Kutatásomban a Kaposvári Zöld fűtőmű példáján keresztül 3 fő kérdésre keresem a választ:

— Elsőként arra, hogy hazánkban hol vannak olyan területek, ahol a biomassza feltételek megléte mellett fenttarthatóan lehetne üzemeltetni egy ilyen távhőszolgáltató komplexumot.

— Második kérdés amire választ keresek, hogy milyen engedélyeztetésen keresztül lehet egy ilyen létesítmény beruházását elkezdeni. Valamint ehhez kapcsolódóan milyen telepítői tényezőknek kell megfelelnie a komplexumnak.

— Kutatásom harmadik célkitűzése bemutatni, hogy a létesítmény üzemelése milyen paraméterek mellett, milyen hatást gyakorol Kaposvárra és a város hőenergiaellátására.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Energetika a világban

2.1.1. Energiahordozók és kategorizálásuk

Az emberiség már szinte a kezdetektől használ külső energiát hő előállítás érdekében. Az idő előrehaladtával és a tudás fejlődésével bővült a kiaknázható energiák tárháza is. Napjainkban már számos energia termelési technika létezik a primer energiaforrásokból. Ám ezeket az előállított energiákat két fő csoportba lehet sorolni. Az egyik ilyen szekció nem más, mint a meg nem újuló, azaz a fosszilis energiahordozók. Ebbe a körbe tartozik minden olyan energia termelőtevékenység, aminek során a felhasznált forrás/alapanyag nem képes újra termelődni, vagy csak nagyon sok idő múlva. Ideértendő a földgáz, kőolaj, szén, valamint a hasadó anyag is. A másik oldalon pedig a megújuló energia családja található. Megújulóról akkor beszélünk, ha az adott primer energiahordozó a hasznosítása után azonnal vagy záros határidőn belül képes a reprodukcióra. Ezen a csoporton belül további két kisebb csoport szerint is tovább kategorizálhatunk, mint véges mennyiségben rendelkezésre álló, illetve kimeríthetetlen készletekkel rendelkező energiák. Utóbbi csoportba értendő a víz-, szél-, napenergia. Az előbbi alegységbe pedig a biomassza tartozik, hiszen ebből az energiakészletből véges készletekkel rendelkezik a Föld.

„A primer energiaforrásokból szekunder energiahordozókat állíthatunk elő, üzemanyagokat vagy villamos energiát nyerhetünk különféle energiaátalakítási eljárások eredményeként. Ezek az eljárások az átalakítás hatásfokában és környezeti hatásaiban nagymértékben különböznek egymástól” (Gyulai, 2009).

2.1.2. Megújuló energetika az Európai Unióban

Ahogy nincs két egyforma ember, úgy nincs két egyforma energiafelhasználású ország sem. Ez különösen igaz akkor, mikor arról beszélünk, hogy az egyes primer energiákat hogyan osztják a nemzetek a saját energiamixükben. Természetesen az Európai Unión belül is nagy eltéréseket mutatnak az energia szerkezetek. A nagy változatosság hátterében leginkább a természeti adottságok, mint a domborzat, tengerek közelsége, vagy akár az erdősültség mértéke is ide érthető. Az EU országai között azonban mégis fellelhető egy energetikai gócpont, ami

nem más, mint a megújuló erőforrások folyamatos pénzbeli támogatása. Ezáltal igyekeznek a belőlük nyerhető energiák egyre szélesebb körű felhasználását szorgalmazni az unió területén belül minden tagállamban. Mindez a fenntartható jövő érdekében történik, s ennek okán folyamatosan stratégiákat fogalmaznak meg, melyben a tagországoknak is vállalásokat kell saját maguk részére előírni. Példaértékű szorgalommal folyamatosan igyekeznek minél több médiafelületen is tájékoztatni az Unió lakosságát a megújuló erőforrásokból energiát előállító eszközöket, beruházásokat, ezzel is növelni a fenntartható energiatermelést és környezet tudatosságot a közösségben. A rendelkezésre álló információ mennyisége és minősége rendkívül fontos, de nem mellőzhető, hogy a tájékozottság önmagában nem jelenti a környezettudatos magatartást (O'Connor et al. 1999), valamint (Sundblad et al, 2007).

A megújuló energiaforrásokra vonatkozóan nem csak 2020-ig voltak célok és tervek az Európai Unióban, hanem már a 2030-as stratégia kidolgozása során is jelentős figyelmet szenteltek az energetikai függőség és a környezetvédelmi szempontok javítására. 2009-ben a 2020-ra tervezett 20%-ra tervezték növelni a megújuló energiák részarányát, tovább csökkentenék az Európai Unió energiafüggőségét, és az 1990-es szinthez képest 40%-kal csökkentenék az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. Az Európai Parlament munkatársai 2018-ban már olyan célokat tűztek ki 2030-at illetően, hogy az EU-s energiafelhasználás 32%-a megújuló energiaforrásokból legyen fedezve. 2021-es esztendő július hónapjában pedig olyan javaslatot tettek, melyben 2030-ra 40%-ra módosítanák az uniós célokat. A 2030 után következő időszakokról még jelenleg is folynak a tárgyalások (Internet 1).

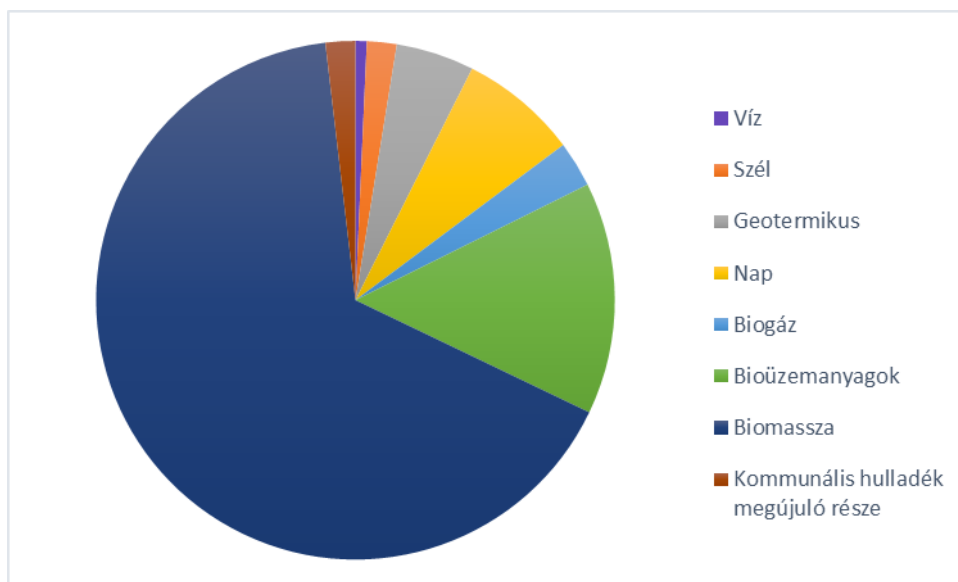
2.1.3. Megújuló energiaforrások Magyarországon

Ahogy a többi európai uniós tagállam, úgy Magyarország is folyamatosan fejlődik a megújuló felhasználásában és ezzel egyidejűleg a fosszilis tüzelőanyagok csökkentésében is. Kiemelendő, hogy hazánkban egyre több és egyre nagyobb méretű a megújuló erőforrásokat hasznosító beruházások történnek. Nem mehetünk el az mellett sem, hogy egy energetikai projekt kivitelezésénél a kezdeti külső beavatkozás mellett (például: Uniós pályázatok kiírása) lényeges lesz a helyi kezdeményezés, aminek a feltétele a helyi lakosság becsatlakoztatásához szükséges az érdeklődésből befolyó tőke (például egy közbeszerzés). A jól működő helyi gazdaság érett helyi közösséget feltételez. A gondolatmenetet megfordítva, az erős helyi gazdaság a helyi közösséget is építi (HORKAY 2010).

Magyarországon 2022-ben a primerenergia-felhasználás 114,77 PJ volt. Ez az előző évhez képest 6,38 PJ értékkel volt magasabb. A fosszilis energiahordozók felhasználásának

mértéke 5,62 PJ egységgel, a megújuló energiaforrásoké pedig 1,14 PJ-val emelkedett. Ehhez képest az egyéb nem megújuló források 0,18 PJ egységnivel csökkent az előző évhez képest. A megújuló energiahordozókból megtermelt villamosenergia 65,6%-át napenergiából, 21,7%-át a biomasszából és mindössze 6%-át szélenergiából termelődtek (Internet 2).

Ebben nagy szerepe volt az Otthonfelújítási Programnak, illetve a különálló kihirdetésre kerülő napelemes pályázatoknak, amik keretén belül a családi házakra szerelt napelemeket központi betáplálásra (is) alkalmas órák segítségével látták el. Így a napelemek energiatermelésre alkalmas időpontban a központi rendszer (áramszolgáltató vállalat) irányába adta az elektromos áramot, majd a szolgáltatótól kapott villamos energiát a fogyasztó, amikorszüksége támadt az áramra.



1. ábra: Magyarország megújuló erőforrásaiból termelt energiájának megoszlása %-ban kifejezve

Forrás: Saját szerkesztésű ábra a KSH 2020-as adataival (Internet 3)

2.2. Biomassza

2.2.1. A biomassza fogalma

A biomassza fogalmának nem éppen egyszerű a meghatározása, révén, hogy egy komplex, sok komponenst magába foglaló egységről van szó esetében. Ennek ellenére már korábban említést tettem arról, hogy a biomassza hiába megújuló, mégis kimeríthető elsődleges készletekkel rendelkezik Földünk belőle. Ennek értelmében a hosszú időtávlatokban kitermelt

biomassza mennyisége nem haladhatja meg a növekedés mértékét (Bódis et al., 2021). Ennek a megújulni képes energiakészletnek részét képezi minden olyan élő, vagy rövid ideje élettelen biológiai szervesanyagnak a tömege, ami vízben vagy a szárazföldön tartotta fent az élettevékenységét. Ezeknek mind a termékeit, melléktermékeit és hulladékait is beleértjük a definíciójába:

„A biomassa valamely élettérben egy adott pillanatban jelenlévő élő és élettelen szerves anyagok összessége. Ez tágabb értelemben a Föld teljes élőtömegét, szűkebb értelemben az energetikailag hasznosítható megújuló, illetve megújítható szerves anyagokat jelenti” (Popp et al., 2011).

Fontos leszögezni, hogy az embert, s annak tömegét sem szokás ide sorolni. A növényekből származtatható biomasszát (fitomassza), további két csoportba lehet osztani. Az egyik ilyen szekció a lágyszáru, míg másik a fásszáru növényekből tevődik ki.

2.2.2. Biomassza felhasználás lehetőségei

A biomassa által nyújtott felhasználási lehetőségek igen bőségesek. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint az, hogy hőenergia termelésre, vagy akár elektromos áram létrehozásához egyaránt alkalmaznak szilárd, folyékony és gáz halmazállapotú biomasszát. A hasznosításának legelterjedtebb formája a szilárd biomassa, vagyis a fás- és lágyszáru növények, illetve a mezőgazdasági hulladékok elégetésével előállított hőenergia. Ennek továbbfejlesztésével már akár használati meleg vizet, vagy elektromosságot is létre lehet hozni.

A közlekedésre is gondolva megjelenik a biomassa hasznosítása, a bioüzemanyagokon keresztül. Ezek az üzemanyagok lehetnek környezetbarát megújuló bioüzemanyagok (biogáz, bioetanol, biodízel), de eltérő esetben keverékként is hasznosíthatók. Eme utóbbiak esetében a benzinkutakon is látható E10-es (benzin) és B7-es (dízel) jelzéssel ellátott üzemanyagokra kell gondolni. Ezek a jelölések a benzin és a dízel/gázolaj esetén a biokomponensek fajtáját és azok üzemanyagba kevert százalékos arányát hívatottak jelölni. A benzin esetében ez azt mutatja, hogy 10% etanol (E10, vagyis Etanol 10%) van a hajtóanyagba keverve. Dízel esetében a B jelzés figyelhető meg, amivel a hozzá tett biokomponenst tüntetik fel. Hazánkban a gázolaj esetében a legelterjedtebb ilyen vegyítési érték 7%. Ebből következik a B7 jelzés. Más keverési arányok is léteznek mind a két üzemanyag esetében. Benzin esetében E5, E85 jelzésűek,

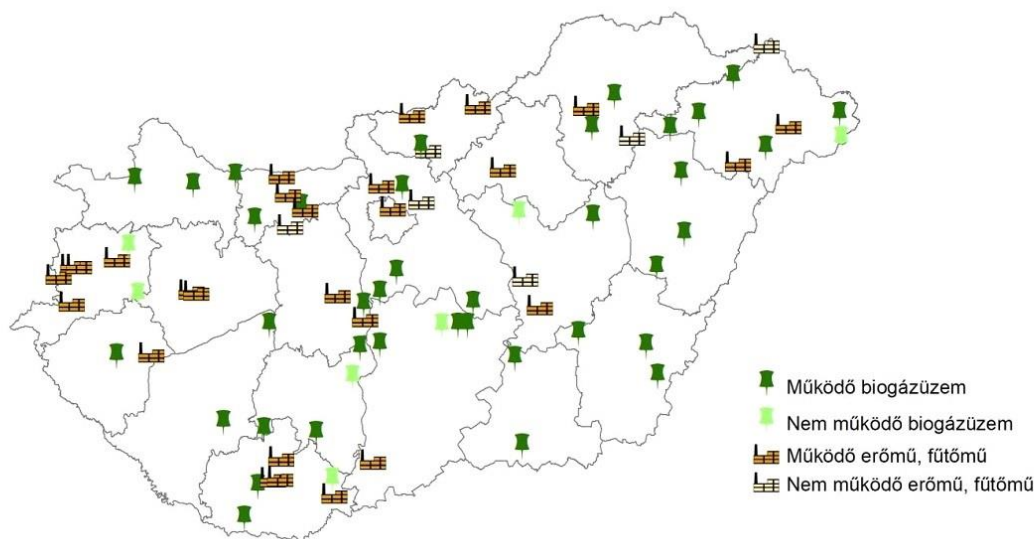
gázolaj/dízel keverékek továbbá a B10, B20, B30, valamint a B100, ami a teljesen biogázolajat takarja. Nem mellesleg még teljesen szintetikus előállított paraffinos biodízel is fellelhető.

2.2.3. Tüzelési célú energetikai biomassza növények

A világon a legelterjedtebb és egyben a legrégebb óta tüzelésre felhasznált növény nem más, mint a fa. Energetikai célokra hasznosított biomassza növények tekintetéből ugyancsak a fa (hasíték-, aprítékfa, pelletek) bír a legnagyobb hangsúllyal. A magyarországi statisztikai adatok is azt mutatják, hogy hazánkban is a dendromasszából előállított, aprítékolt fát részesítik előnyben az erőművek és fűtőművek (lásd: 4.ábra). Ennek a nagymértékű keresletnek a hatására kezdődtek meg az energetikai ültetvények megvalósítása. Ilyen beruházások esetében a leggyakrabban fűz-, valamint nyárfa ültetvényeket alakítottak ki, azonban lágyszárúak esetében is történtek efféle kísérletek, energia náddal és -fűvel. A telepített energetikai biomassza növények esetében viszont nagyon sok figyelemre van szükség (tápanyagtartalom, nedvesség, agrotechnika stb.) ahhoz, hogy az előzetes tervezéseknek megfelelő produkciót tudjanak abszolválni.

2.2.4. Biomassza felhasználás Magyarországon

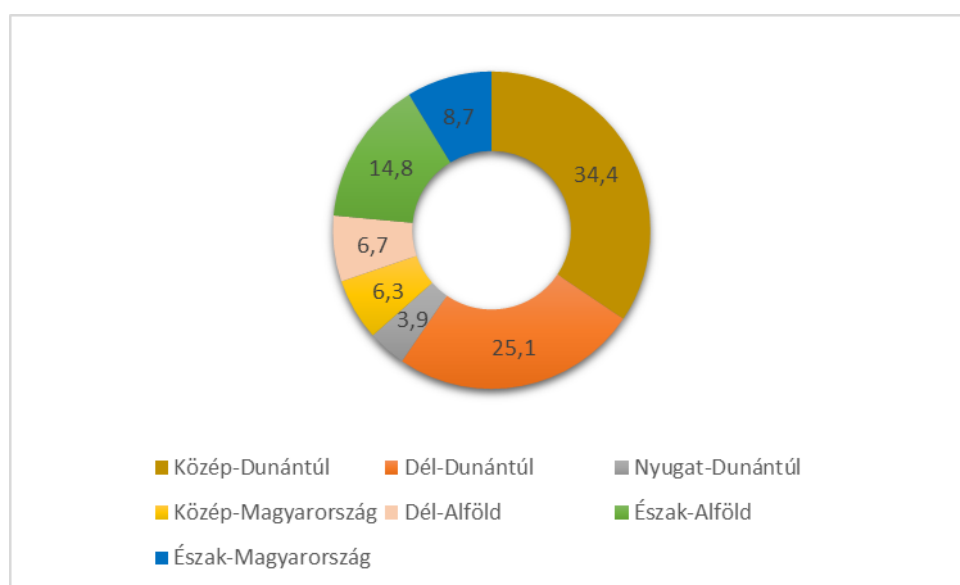
A biomassza, Magyarországon is kedvelt megújuló erőforrást jelent, ami meg is látszik a statisztikákban. Ugyanis ezen adatok szerint hazánk legfőbb energetikai tartaléka, és felhasználás szerint ugyancsak meghatározó a többi megújulóhoz képest. Országunkban a biomassza számos formáját alkalmazzák hőenergetikai, erőművi, valamint közlekedési célokra egyaránt. Energetikai célokra a Dunántúlon, ezen belül is a Közép-Dunántúlon az összesen kiaknázott biomasszának több, mint 1/3-át, míg kicsit több, mint 25%-át (lásd: 3.ábra) a Dél-Dunántúlon hasznosították 2021-ben (Demeter, 2022). Jelenleg hazai viszonylatban 65 üzemelő és 13 nem működő biomassza felhasználás céljából létesült egység található meg (lásd 2. ábra). A jelenleg is működésben lévők közül 27 db erőmű /fűtőmű, míg további 38 db biogáz hasznosító van szamon tartva.



2. ábra: Biomassza hasznosító létesítmények energetikai célra Magyarországon 2021-ben

Forrás: Agrárközgazdasági Intézet (továbbiakban: AKI ASIR) (Internet 4)

A 2. ábrán még nem látható a Kaposvári Zöld Fűtőmű, aminek oka az, hogy az említett létesítmény még az ábrázolt készültekor nem esett át a próbaüzemen, ezáltal statisztikai adatok sem jelentek meg róla.

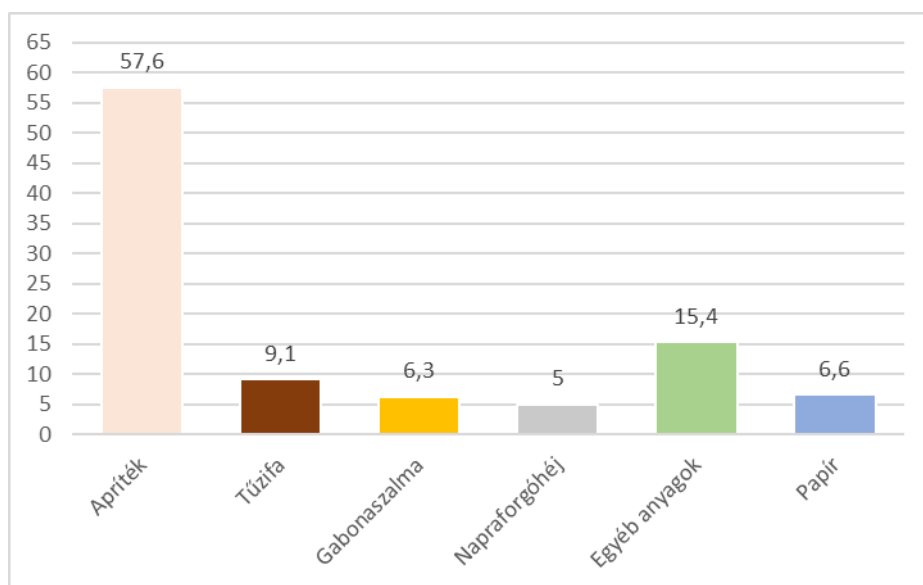


3.ábra: 2021-es energetikai biomassza felhasználás Magyarországon, %-os értékekben megadva, régiók szerint

Forrás: Saját szerkesztésű kördiagramm az, AKI ASIR 2021-es adatai alapján (Internet 4)

A 3.ábra jól mutatja, hogy az országon belül mekkora eltérések vannak regionális szinten a biomassza hasznosítás mértékében. Ahogyan már feljebb is említettem, az energetikai ellátás szempontjából a Dunántúl élen jár a biomasszának az értékesítésével. Ez nem is meglepő, hiszen, csak a Pécsi hőerőmű nagyobb mint 300 MW beépített kapacitású teljesítménnyel rendelkezik, amit teljes egészében biomasszán alapul.

A magyarországi erőművekben és fűtőművekben felhasznált biomasszának több éves tendenciáját figyelembe véve kijelenthető, hogy a fa-aprítékkal való tüzelés mértéke növekedik. Ez azt jelenti egészen pontosan, hogy a 2019-es évhez képest 2021-re, mintegy 34,4%-kal nagyobb mennyiségben (megközelítőleg 350 tonna) használják fel (Demeter, 2022).



4.ábra: Magyarország 2021-ben energetikai célra hasznosított főbb biomassza fajtái elkülönítve, %-os megoszlásuk szerint

Forrás: Saját szerkesztés az, AKI ASIR adatai alapján (Internet 4)

A 4.ábrán látható diagramm szemügyre vételével egyértelműen észrevehető a faapríték abszolút előnye a többi energetikai célú biomasszával szemben. Ahhoz, hogy ez fenttartható is maradjon, hazánk importból is fedezi az erőművek faigényét. 2021-ben megközelítőleg 40 ezer tonna mennyiségű fát importáltak, ami 52,9%-kal kevesebb, mint 2020-ban (Demeter, 2022).

Ahogy a 4.ábra is jól mutatja az energetikai célra szánt biomassza többféle is lehet. Származhat akár melléktermékből (mezőgazdasági), illetve fásszerű energiaültetvényből is (Bai et al., 2002).

2.2.5. Biomassza felhasználás a hazai távhőszolgáltatásban

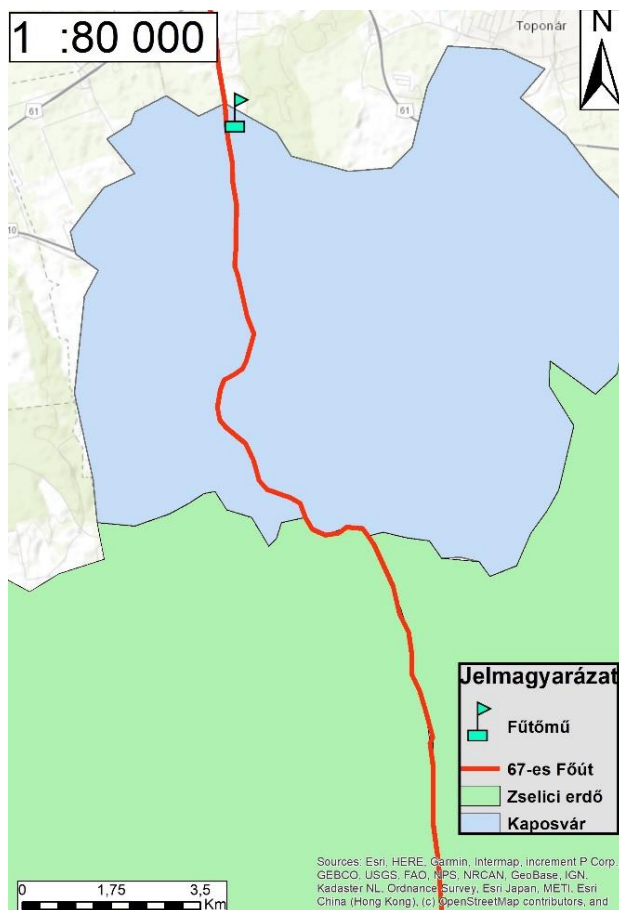
Ahogy azt már bizonyosan tudni lehet, Magyarországon a biomasszából történő hőenergia termelés nem újkeletű, hiszen már viszonylag régóta bevett módszer a távhőszolgáltatásban. Ennek okán az országban viszonylag sok dendromassza tüzelésű távfűtőmű létesült már, s mind a mai napig üzemelnek és ezek segítségével látják el a felhasználókat fűtési hőenergiával. Vannak fűtőműveink, melyek teljes mértékben faaprítékot hasznosítanak, és olyanok is jelen vannak, ahol faaprítékot és földgázt is alkalmaznak vegyesen. Előbbire példa a Kaposváron létesülő Zöld Fűtőmű, ami tisztán aprítékolt fásszárú biomasszát fog hasznosítani. Nagymúltúra pedig akár a tatai fűtőmű is jó példa lehet. Továbbá Miskolc egyes hőközetében is van tisztán biomasszából hőenergiát előállító üzemek. Azonban még mind a mai napig nagyobb részarányban vannak jelen a földgázt részben vagy teljes mértékben felhasználó távhővállalatok. Viszont nem városi szinten, hanem kisebb szinteken (gondolva itt például Pornóapáti településre, ahol már hosszabb ideje beváltan működik) is fel lehet használni a biomasszát fűtési hőenergia nyelés céljából, fenntarthatóan és gazdaságosan.

2.3. Kaposvár és energetikai körképének bemutatása

2.3.1. Elhelyezkedése, lehatárolása

Kaposvár Magyarország dél-nyugati részén található, vagyis a Dél-Dunántúli régióban. Ezt pontosítva Somogy megyében, melynek nem mellékesen a megyeszékhelye, valamint püspöki székhely is. Az ország megyéinek székhelyei közül nem a legnépesebb, s nem is a legnagyobb közigazgatási területtel rendelkező városa. Hazánk egyetlen működő cukorgyára éppen Kaposváron üzemel. Magyarországon egyedül ebben az üzemből történik a hazai cukorrépa feldolgozása. A város közigazgatási területét délről a Zselic erdeje határolja. A somogyi erdészet, vagyis a SEFAG Erdészeti és Faipari Zártkörűen Működő Részvénytársaság (SEFAG Zrt.), a Zselicből mintegy 84 ezer ha területet birtokol, amin aktív művelést is folytat. A település mintegy 113,6 (pontosan: 113,59) km²-en helyezkedik el, ahol megközelítőleg 60 ezer fő él (valós adat 2021.01.01.: 59777 fő). Ebből kifolyólag könnyen kiszámolható, hogy a népsűrűsége 556,26 fő/km². Ez az érték hazai viszonylatban elég magas. Ennek a meglepő értéknek az oka, hogy Somogy megye lakosságának, mintegy 20%-a koncentrálódik a városban.

A várost teljes mértékben átszeli a 67-es főút, amely Szigetvárt és Balatonszemest köti össze. Ez az út az egyik legforgalmasabb útja Kaposvárnak, valamint ez az út szolgál majd a későbbiekben a Zselicből kitermelt faapríték fűtőműbe szállításának útvonalaként (lásd 5.ábra).



5. ábra: A Vizsgálati terület szemléltető térképe

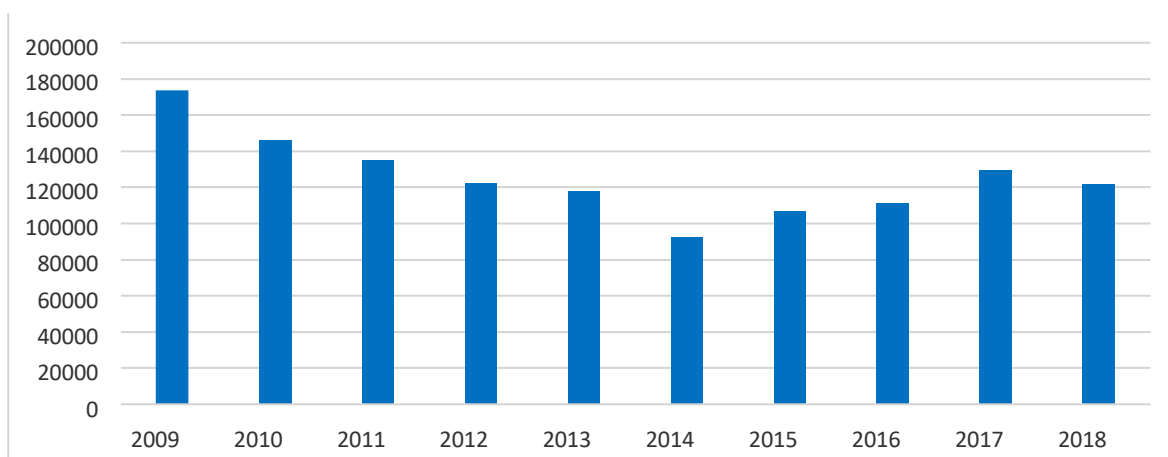
Forrás: Saját szerkesztésű térkép

2.3.2. Kaposvár energetikai helyzetének bemutatása

Kaposvár az energiahordozók felhasználásában igen széles spektrumot sorakoztat fel. Az energiatermelést figyelembe véve a lakossági melegvizet, illetve a távhőt (a városi felhasználás mértékének időbeli változását megfigyelheti a 6.ábrán) eddig két gázturbinás motor segítségével állították elő. Ugyanakkor a város geotermikus kutjaiból, s azok termálvízkészletének igénybevételével termelnek ki gyógyvizeket és meleg vizeket a városi uszoda, valamint a fürdő/ élményfürdő részére. A város határában létesült egy 100 MW beépített teljesítményű napelemből, aminek az előállított villamos energia mennyisége csaknem kielégíti a település teljes villamosenergia igényét (internet 8). Ez a hatalmas méretű

napelempark hazánk legnagyobbika is egyben. Hasonlóképpen megújulókkal igyekeztek és igyekeznek mind a mai napig kiváltani a primer energiaforrásokat a kaposvári cukorgyár működtetéséhez is. Ez úgy nyilvánul meg, hogy a cukorrépa feldolgozása során keletkező hulladékokból, fermentálás során biogázt állítanak elő. Ezzel a kampány időszakban, amikor nagy mennyiségben történik a feldolgozás olyan nagy mértékű gáz keletkezik, aminek felhasználásával lehetséges az addig földgázzal történő ellátást bioenergiával helyettesíteni (internet 9). A folyamatos fejlesztések során a kampányidőszaki termeléskor a mérnökök számításai szerint elegendő gáz fog keletkezni ahhoz, hogy nem csak a gyárat, de még a melasz szárító egységet, illetve a városi fürdőt is fűteni lehet majd azzal (internet 9).

A város némely belterületi részén, valamint a külvárosi területein széles körben használnak fel szilárd biomasszát tüzelési célra. A tüzelőanyagot a felhasználók általában a SEFAG Zrt.-től vagy valamelyik alvállalkozójuktól szokták beszerezni. Ezen biomassza mennyiség döntő hányadát is a Zselicből termelik ki majd értékesítik a vevők számára.



6.ábra: Lakosság által felhasznált távhőszolgáltatás mértékének változása Kaposváron, GJ mértékegységben kifejezve

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal (Internet 12)

3. Anyag és módszer

A kutatómunkám során elsősorban a témához illeszkedő szakirodalmakat kerestem, majd azokat dolgoztam fel, illetve a 314/2005-ös kormányrendeletet tanulmányoztam, ami útmutatóként szolgál a tüzelésicélú biomassza felhasználó üzemekre vonatkozó telepítő tényezőivel kapcsolatban. A szakmai publikációk elemzése után a kaposvári fűtőmű kapcsán a Debreceni Egyetem szabályainak megfelelő módon készítettem mélyinterjúkat. Az interjú alanyai a Fűtőmű engedélyeztetésében, létesítésében, későbbi üzemeltetésében, valamint az alapanyag folyamatos mennyiségének szolgáltatásban szerepet vállaló egyének voltak. Gondosan összeállított kérdéssort készítettem az alanyok számára. Ezeket a kérdésköröket minden személyhez egyesével állítottam össze oly módon, hogy a megkérdezetteknek a fűtőmű működésében/működtetésében betöltött feladatköreikhez kapcsolódtak azok. A válaszok segítségével, pedig még szélesebb belátásra tehettünk szert a hazai biomassza tüzelésű energiatermelés világába.

3.1. Az interjúkészítés menete

A mélyinterjúim készítésekor Mayer Annamária módszertanát vettem át (Internet 5). Így tehát az általa meghatározott hierarchikus sorrendet követve készítettem el a saját interjúmat. Ennek megfelelően elsősorban a szakirodalmakat olvastam el a választott kutatási témámhoz, amiknek segítségével mélyebbre ható ismereteket sajátíthattam el. Miután a szakmai művek tanulmányozásával végeztem, felkerestem azokat a személyeket/vállalatokat, akiknél szert szerettem volna tenni az ő rálátásukra, információikra a dolgozati témám gerincét képező kaposvári Zöld Fűtőmű kapcsán. Az interjú alanyokkal való sikeres kapcsolatfelvétel után összeállítottam az interjúk kérdéseit. A kérdéssorok felállítása során törekedtem az egymást nem fedő kérdések megfogalmazására. Az interjúk első kérdése során minden esetben az alanyoknak a fűtőműhöz kapcsolódásának megértésére irányult. Ezt követően a kérdőívek egyharmada az általuk végzett munkának értelmezését volt hivatott felderíteni. Majd személyenként eltérően más irányultságú kérdéseket tettem fel, amik során a biomassza hasznosító létesítmény műszakibb paramétereire, tüzelőanyag ellátására, illetve rendszeres felülvizsgálatára vonatkoztak. Fontos megjegyezni, hogy ezek az interjúk nem attitűdfelmérésűek voltak, hanem saját ismereteik alapján megfogalmazott válaszokat kellett

adniuk. Ezt követően leegyeztettük az interjúk helyeit és időpontjait. Ezután történtek meg az interjúztatások.

Elsőként a Somogy Megyei Kormányhivatal egyik munkatársával készítettem interjút, melyben a biomassza fűtőmű engedélyeztetési folyamatairól egyeztettünk, valamint az előzetes vizsgálatokról, azok hivatalos menetéről és eljárasmódjukról. Több ízben kitértünk arra is, hogy milyen feltételeknek kell megvalósulniuk ahhoz, hogy a létesítmény esetében a további munkálatok folyhassanak, illetve, hogy az energiatermelés megkezdődhessen. Nem mellesleg arról is tettem fel kérdéseket, miként érinti a konkrét, és a hozzá hasonlóan nagyszabású beruházások a kormányhivatalt.

Többek között a SEFAG Zrt. munkatársával vettem fel a kapcsolatot, s kérdéseket tettem fel a biomassza kitermeléséről, a lakossági tűzifáról, illetve a kaposvári üzemnek való faapríték szállításáról. Kérdéseim vonatkoztak a Zselic erdőségének érintettségéről a beruházás kapcsán.

A későbbiekben a kaposvári Távhő és vagyonkezelő Zrt. munkatársával is folytathattam interjút. Ez alkalommal a teljes projekt folyamatát megosztotta velem a kezdetektől egészen a beruházás lezárulásáig. Az illető előzetes megegyezés alapján hangfelvételt is készíthettem az interjú közben. A beszélgetés során olyan műszaki dolgokra is kitértünk, mint a kazánok mérete, teljesítőképességük, vagy akár az üzemhőfok. Ezek mind fontos információk, amik nem minden távhőszolgáltató oszt meg.

Összességében minden alkalommal használható információkat kaptunk kérdéseinkre, melyek nagyban segítették a kutatásomat.

3.2. A Kutatás elkészítéséhez használt eszközök

Az OTDK dolgozatom elkészítéséhez felhasznált eszközök közül a szöveg lejegyzeteléséhez és formázásához a Microsoft Word 2019 Student verzióját használtam. Hasonlóképpen alkalmaztam ezt a programot az interjúk kérdéssorainak megírására, valamint a rájuk kapott válaszok rögzítésére egyaránt. A grafikonokat, értelmező ábrákat, valamint a SWOT analízisemet a különböző adatokból Microsoft Excel 2019 Student nevű táblázatkezelő alkalmazás segítségével készítettem el. Az APA 6 stílusú szövegekői hivatkozásokat, továbbá az irodalomjegyzék megfelelő formáját a Mendeley Desktop 1.19.8-as verziójával eszközöltem. Az interjúkon készített hangfelvételeket a Windows 10-es operációs rendszer alap diktafonjának segítségével rögzítettem a pontos átiratkészítéshez.

4. Eredmények

4.1. A kaposvári Zöld Fűtőmű megvalósulásának és működésének feltételei

4.1.1. Telepítői tényezők és az előzetes vizsgálatok

Ahogy az már az előző fejezetben is említettem, interjúkat készítettem a Kaposváron újonnan létesült Zöld Fűtőmű kapcsán, amelyek többek közt vonatkoztak a telepítői tényezőkre, valamint az előzetes vizsgálatokra is. Ám ahhoz, hogy ezekre a vizsgálatokra érdemi szükség legyen, már jóval korábban meg kell tenni a beruházás terveinek elkészítését. Amikor a projektet elkezdi a tervezők, az első és legfontosabb lépésben azt a helyet válasszák ki, ahol ilyen létesítményi beruházás engedélyezett. Egyik interjú alanyom a Somogy Megyei Kormányhivatal Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztály (rövidítve: SMK H KTHF), Környezetvédelmi Osztályának munkatársa volt. Egyik kérdésem arra vonatkozott, hogy milyen legfontosabb telepítői tényezők vannak egy fűtőműnek, illetve a kaposvári esetben milyen hierarchiaszintje volt a tényezőknek. Mint kiderült a válaszából, a hierarchiaszinten belül a legnagyobb hangsúllyal a hely rendelkezik. A hely kiválasztása befolyásolja leginkább az összes többi tényezőt, ez a legfontosabb. Fontos továbbá az is, hogy milyen feltételekkel történik a hely kiválasztása. Hiszen nem mindegy, hogy erdőterület érintett-e, ahogy az sem elhanyagolható, hogy milyen településrendezési feltételek adóttak az adott helyen. Vagyis a kívánt terület, ahol a projektet tervezik megvalósítani az lesz a telepítés szempontjából az első és egyben a legmeghatározóbb tényező. A kaposvári Távhőszolgáltató és Vagyonkezelő Zrt. munkatársa is megerősítette ezt a vele folytatott interjú során. Valamint kiemelte, hogy a fűtőmű beruházásakor is a hely kiválasztása volt a prioritások élén.

Ez nem is szorul nagyobb magyarázatra, hiszen minden építkezésnél fontos, hogy hol is szeretnénk azt megvalósítani. A hely által, ugyanis több tényezőnek is ki van szolgáltatva a beruházás. Gondolva itt minden olyan természeti adottságra, ami miatt versenyképességét is negatívan érintheti, s ez ellen nem lehet tenni. Ilyenek lehetnek akár, a lápos területek, természetvédelem alá eső helyek is.

A hely kiválasztását követően a beruházást szorgalmazó ügyfeleknek a munkafolyamatok további engedélyezéséhez szükséges egy előzetes vizsgálat (EV) lefolytatása. Az EV-ről is tettem fel kérdéseket az interjú során, ami arra vonatkozott, hogy

milyen vizsgálatokat szokás készíteni előzetes vizsgálat alkalmával egy fűtőmű és egy egyéb beruházás esetében (pl. naperőmű park létesítésénél). Azt fontos megjegyezni, hogy az előzetes vizsgálat (EV) tartalmi követelményeit a 314/2005. Korm. rendelet 4. számú melléklete tartalmazza. Ideértve a levegőminőségi, zajvédelmi, hulladékgazdálkodási, táj-és természetvédelmi, földtani közeg védelmi és vízvédelmi vizsgálatokat és az éghajlatvédelmi értékelést. Mondhatni az alapvizsgálatokat. Az interjú beszélgetés közben az SMK KTHF munkatársa előzetes ismereteimet azzal bővítette, hogy az eljárás során az alap környezetvédelmi vizsgálatok mellett el kell döntenie, még kiket szükséges bevonni az eljárásba (erdészet, népegészségügy, földhivatal, talajvédelem, örökségvédelem). Kiemelte, a vízügyi hatóság bevonása a vizsgálatokba mindig kötelező. Természetesen a beruházástól függően vannak fajsúlyosabban vizsgálandó tényezők. Például a fűtőmű esetében egyértelműen a levegővédelmi, hulladékgazdálkodási vizsgálatok a legfontosabbak. Válaszát még annyival egészítette ki, hogy amennyiben az EV során nem egyértelmű, vagy zavaros eredmények jönnek ki végeredmény képen, az esetben már egy komolyabb vizsgálati eljárást kell lefolytatni, ami nem más, mint a környezeti hatásvizsgálat (KHV). Ez ugyan úgy lehetséges abban az esetben, ha a megbízó előzetes vizsgálat előtt egyből kéri a KHV lefolytatását. Abban az esetben, mikor mindent rendben találtak, s megfelelőnek ítélték a vizsgálatok lezárása után, engedélyt adnak a további munkálatok folytatására.

Az interjú folyamán szó esett arról, miként mentek végbe a kaposvári fűtőmű esetében a létesítést megelőző vizsgálatok. Először is beérkezett a megkeresés a Kormányhivatalhoz, ami az előzetes vizsgálat lefolytatása iránti kérelem volt. A Kormányhivatal megvizsgálta, hogy a tervezett biofűtőmű létesítése és működése megfelel-e a zajvédelmi, levegővédelmi, földtani közeg védelmi, vízvédelmi, illetve táj-és természetvédelmi követelményeknek, továbbá kérte az örökségvédelmi, erdővédelmi, talajvédelmi és közegészségügyi hatóság szakmai véleményét is ezzel kapcsolatban. A 314/2005-ös kormányrendeletnek megfelelően a vizsgálat után a Kormányhivatal megállapította, hogy környezetvédelmi engedélyezést kizáró ok nem merült fel, nincs szükség KHV készítésére. Vagyis a beruházás ténylegesen megkezdődhetett azon a területen, ahol azt kívánták is kezdeményezni.

4.1.2. A Zöld Fűtőmű tüzelőanyaga

Mivel a fűtőmű egy szilárd biomasszát hasznosító távhőszolgáltató egységként fog funkcionálni, ezért a tüzelőanyagának ellátását folyamatosan biztosítani kell termelése idején.

Ezt a feladatot a SEFAG Zrt. hivatott ellátni, akivel a távhőszolgáltató hosszú idejű szerződést kötött. A Zöld fűtőmű tüzelő anyaga (derült ki a kaposvári Távhőszolgáltató és Vagyonkezelő Zrt. energetikai mérnökével folytatott interjú során) G50-es (lásd 7.ábra) méretű faapríték lesz.



7. ábra: Szemléltető kép, a G50-es faapríték méretéről

Forrás: <https://juskufa.hu> (Internet 11)

Ennek következtében a fafaj nem jelentősebben számít, viszont annál inkább helyeződik hangsúly a levéltömeg minél kisebb mértékére, illetve a tüzelőanyag nedvességtartalmára. Ezt interjúja közben megerősítette a SEFAG Zrt. munkatársa is. A kellő biomasszát tehát a Zselic SEFAG Zrt. által kezelt területéről (megközelítőlegesen 85 ezer ha) fogja a Somogyi erdészet kitermelni, feldolgozni és szállítani is a szerződés szerint.

Mind két fél interjúik közben kijelentették, hogy energetikai ültetvények létesítésével, illetve a fán kívül más tüzelőanyaggal (például: energia náddal, -fűvel, városi zöldhulladékkal stb.) nem számolnak sem most, sem a jövőben. Továbbá városi zöldhulladék felhasználását sem vették számításba, mert ahhoz teljesen más tervezések és berendezések szükségeltetnének.

Az éves biomassza igénye a fűtőműnek 22600 tonna/év a tervek szerint — tette hozzá a Távhőszolgáltató energetikai mérnöke az interjú során. Ez hazai viszonylatban kevésnek mondható, de hozzá kell azt is tennünk, hogy a létesítmény csak a fűtési időszakban lesz használatban. Ez azt is jelenti, hogy az átmeneti időszakokban már biztosan nem fog 100%-os mértékben üzemelni.

4.1.3. A biomassza hasznosítása a Zöld Fűtőműben

A fűtőmű alapterülete, mintegy 772 m², amihez még tartozik egy napi faapríték tároló, ami 259,05 m²-es alapterületű, illetve még egy heti tároló is, amely egészen pontosan 679,75 m² (lásd 1.táblázat). A fűtőmű az előzőekben említett dendromassza mennyiséget két (egyforma) kegy mással szembefordított kazán fogja eltüzelni. A kazánok egyenként 7,5 MW/h leadására képesek (két kazán együttes működése során 15MW/h), amit rostélyos tüzelési technika segítségével fognak tudni elérni 88-91%-os hatásfokkal (Internet 13). A biofűtőmű szabályozási tartományát 30-105% (lásd 1.táblázat) közöttire tervezték a mérnökök. A Távhőszolgáltató és Vagyonkezelő Zrt. munkatársa úgy számolt be az interjújában, hogy a létesítményben üzemszerűen több fázisú/lépcsős leválasztás fog működni, annak érdekében nehogy meghaladják az előírt levegővédelmi kibocsájtási értékeket. Ennek eszközlésére egy ciklonleválasztót, illetve még elektrofiltert is fognak alkalmazni. A hőfok tartása érdekében pedig több helyen levegőt fognak befűjni, aminek hatására elég a füstgáz. A tüztér hőfokának általában 830-900°C között kell lennie, míg a távhőt szállító víz esetében ennek 90-103 °C (lásd 1. táblázat) foknak. A méretezési hőfoklépcső 130/80 °C (lásd 1. táblázat), aminek megfelelően az üzemi nyomását 12 bar-ra tervezték. A távfűtési vezeték pár 2xDN300/Ø450 méretű (lásd 1. táblázat), aminek anyaga műanyag köpenycsőves, előre szigetelt acélcső, szigetelésének anyaga pedig kemény PUR-hab (Internet 13).

4.1.4. Az elégetett biomassza égéstermékeinek kezelése

A fűtőműben elégetett biomasszából, mint égéstermék, hamu keletkezik. Ebből a hamuból kétfajtát különböztethetünk meg. Az egyik ilyen hamu az kiesik a tüztérből. A másik hamufajta pedig felszáll és a füstgázból leválasztásra kerül. Mind a kettő esetében ugyan az az eljárás mód van életben. Miszerint ezek az anyagok zárt konténerekbe helyeződnek, s majd utána, mivel ezek nem minősülnek veszélyes hulladéknak, egyszerűen a hulladéklerakókba lesznek tárolva. A Távhőszolgáltató és Vagyonkezelő Zrt. munkatársa azt is hozzátette az interjúban, hogy dolgoznak a felhasználási lehetőségeken, mint bizonyos talajszerkezetű földeken való hasznosítás a műtrágyázás mértékének csökkentése érdekében. Egyelőre azonban érdemi előrelépés nem született ezügyben, bár meglehet ez hamarosan változni fog, ugyanis a műtrágyák felvásárlási ára drasztikusan emelkedett az elmúlt időkben.

4.1.5. A fűtőmű monitoringrendszere és periodikus ellenőrzése

A fűtőmű a technika segítségével, mondhatni felügyeletmentessé válik. Ezt úgy kell értelmezni, hogy nem helyben történik majd az irányítás, illetve az adatok megfigyelése, hanem a központból zajlik majd a monitoringozás. Ez úgy valósulhatott meg, hogy a közművek (távhőcsövek) kiépítésével egyidejűleg egy optikai szálal is telepítettek ugyanazon a nyomvonalon (tervezetten 1900 méter hosszan). Az optikai kábel FVE 4X12B MONO Corning típusú, a védőcsövének méretei 2x40x3-as, anyaga pedig PE T040/300m (Internet 13). Így a fűtőműből érkező adatokat egy program segítségével bárki láthatja, akinek van hozzáférése a rendszerhez (rendszer jogosultság köteles). Ezt megerősítette az interjúban a Távhőszolgáltató és Vagyonkezelő Zrt. munkatársa, valamint a Kormányhivatal szakembere egyaránt.

Ugyanakkor ezt az energetikai létesítményt is, mint minden más ilyen kaliberűt, kötelező periodikus ellenőrzések mellett folytathatják a termelést. Itt gondolva a kormányhivatali szervek ellenőrzési feladataira. Az SMK H KTHF munkatársa az interjú során osztotta meg velem, hogy milyen jellegű és milyen időközű ellenőrzési feladatok terhelik a hivatalt a fűtőmű kapcsán. Válasza alapján évente kell levegővédelmi és hulladékgazdálkodási adatszolgáltatást benyújtania a fűtőműnek. Három évente pedig szükséges a légszennyező pontforrás (kémény) kibocsátását mérésével ellenőrizni és igazolni a határértékeknek való megfelelést. Természetesen a biomassza hasznosító távhőszolgáltató egység mérnökeinek is folyamatosan figyelnie kell működés közben a határértékeknek való megfelelést.

4.1.6. A fűtőmű várható hatása Kaposvárra.

Az eddigi kutatás alapján a biomassza hasznosító létesítménynek a városra gyakorolt hatásait egy SWOT analízis (lásd 8.ábra) formájában kívánom bemutatni. A SWOT analízis esetében a projekt erősségeit, lehetőségeit, veszélyeit és gyengeségeit veszem sorba, majd azokat kiértékelem. Ezt a módszert elsősorban a projektmenedzsmentet folytató cégek szokták alkalmazni, de esetünkben is egy praktikus és szakszerű elemzést lehet vele végrehajtani.

Erősségek	Gyengeségek
Csökkenő ÜHG és egyéb légszennyező anyag	Még nem volt próbaüzem
Import energia mérséklés	Távolság a központtól
Fenntarthatóság és gazdaságosság	Belvárosi lakásokra terjed ki
Új munkahelyek	Felhasználókör bővítése
Relatív kis mennyiségű fa	esetén nagyobb költségterhek
Lehetőségek	Veszélyek
Bővíthető méretek	Optikai szál sérülés
Hamu hasznosítás	Program meghibásodás
Éjszakai biomassa szállítás	Szoftver túlterhelődés
Alapanyagár csökkentés	Áramszolgáltatási hibák
Energetikai ültetvények	Távhőcső sérülés
	SEFAG Zrt.-től való függés

8.ábra: SWOT analízis a biomassa fűtőmű Kaposvárra gyakorolt hatásáról

Forrás: Saját szerkesztésű ábra

Erősségek:

A fűtőmű üzemeltetésével a földgáz felhasználás mértéke igen jelentős mennyiséggel csökkenni fog a városban, hiszen a létesítménnyel kívánja Kaposvár vezetése a fűtési időszakban a távhőt előállítani (eddig ezt földgázzal tették). A kívánt energia mennyiséget szilárd biomasszából, pontosabban faaprítékból fogják biztosítani, ami mondhatni, hogy helyben is előállítható és a hozzá szükségeltetett fa alapanyag is helyi erdőből származna, ezért a fosszilis energiahordozók irányában már meglévő függőséget is csökkenteni lehet.

A beruházással Kaposváron 57% mértékben tudja kiváltani a földgázt, ami évente megközelítőleg 646 millió forintos költségspórolást jelent (2022.02.22.-ei földgázzárral számolva), mivel így az energiát 61%-kal kevesebb tőkéből tudja abszolválni a távhőszolgáltatás a hőenergiát, Kaposvár lakói számára. A jelen kutatás készítése közben elmondható, hogy a földgáz világpiaci, de főként hazai ára igen nagy mértékben növekedett. Továbbá nem mellékesen zöld energia révén még a kvóták miatt járó büntetések alól is mentesül a város (Internet 7).

A fűtőmű üzemeltetésére, a tüzelőanyag beszerzésére, a hőelőállítás és értékesítés költségeire vonatkozó pontos gazdasági számítási adatok az üzleti titok minősége miatt sajnos nem lehetséges. Ennek fényében azonban általános információk felhasználásával néhány közelítő eredményt mutató becslést végeztem. A hasznosítani kívánt biomassa mennyiségének

mértéke, a kaposvári fűtőműnek (22600 tonna/év) reálisnak és viszonylag jónak mondható. Hasonló mértékben használ fel (arányaiban) tüzelési célú biomasszát a Miskolcon működő távhőszolgáltató egység is. Ez a létesítmény 3 MW hőenergia kinyerésére, 4500 tonna mennyiségű aprítékolt fát éget évente (Internet 10). Ez azt jelenti, hogy 15 MW esetében körülbelül 22500 tonna/év lenne arányosan felszorozva.

A beruházás esetén különös figyelmet fordítottak a tervezők annak érdekében, hogy a károsanyagok mennyisége az energia termelése során minél kisebb mértékű legyen, ennek abszolválása céljából a fűtőműben több lépcsős leválasztás történik. A leválasztások során így a kibocsátott részecskék, illetve károsanyagok mértéke megfelel a kormányrendeletben előírt normáknak. Mivel ez már modern technika, s minden elemében megfelel az európai jogszabályozásnak, valamint a tüzelőanyag, a jó tervezésnek köszönhetően fentartható energiatermelést tesz lehetővé ezért, hosszú időtávon keresztül fentarthatóvá válik a beruházás.

A komplexum folyamatos biomasszával történő ellátásához, továbbá annak betáplálásához a rendszerbe és a faapríték szállítmányozásához mindig szükség lesz munkaerőre. Márpedig ezek fényében ez a projekt munkahely teremtőnek és hosszútávú biztos munkalehetőségnek is számít a térségben. Az eddig is az erdészeti vállalatnál dolgozók, pedig folyamatosan kapnak munkalehetőséget a biomassza mennyiségének előállítására. A Távhőszolgáltató és Vagyonkezelő Zrt. energetikai mérnöke azt mondta, hogy a projekt jelentősége, hogy helyi alapanyagból történik az energia előállítása, vagyis a SEFAG Zrt.-t ezzel is támogatva, hiszen ők így egy stabil hosszútávú (egyelőre 10 éves szerződéssel, de ez még bármikor meghosszabbítható) felvásárlók lesznek. A munkaerő, aki kitermeli a biomasszát és az, aki felhasználja, az is helyben marad ezáltal. Innen nézve pedig ezek mind a helyi gazdaságot erősítő folyamatok.

Lehetőségek:

A már szinte teljesen kész állapotban lévő fűtőműnek méretei, a telekrajz alapján lényegesen bővíthetőek is. Ebbe beletartozik a heti, illetve a napi tároló mérete (lásd 1.táblázat), a fűtőmű kazánházának, valamint bizonyos esetekben akár a beépített kapacitási méreteit is lehetséges növelni. Ennek következtében nagyobb felhasználókört is lehetne hozzá csatolni. Amennyiben olyan hőfelhasználók is csatlakoznának a rendszerhez, akik korábban is szilárd tüzelés felhasználásával állították elő saját részükre a szükséges hőmennyiséget, lényegesen kisebb környezetszennyezést/környezetterhelést eredményeznének. Fontos tényező, hogy a

fűtőmű kibocsátása egyetlen helyen történik, teljesen modern és a meghatározott időnként elvégzett monitoringozás mellett, a legjobb műszaki hatásfokon, a leghatékonyabb tüzeléstechnika felhasználásával. Az egyéni szilárdtüzelés esetében eltérő hatásfokú, különböző műszaki állapotú lokálisan szétszórt kazánok, fajlagosan nagyobb környezetterhelést jelentenek a károsanyag kibocsátás szempontjából, mint a fűtőmű.

Az biomassza hasznosító létesítmény üzemideje alatt történő faapríték égetése során keletkező égéstermékek, jelen tanulmány elkészítésének ideje alatt, lezárt tárolókba tétele, valamint szeméttelen történő elhelyezése fog megvalósulni. Azonban a mérnökök folyamatosan igyekeznek megoldást találni a hamu hasznosítására. Több ízben felmerült, hogy mezőgazdasági felhasználásra alkalmas lenne az égéstermék bizonyos talajszerkezetek esetében. Mindazon által mostanáig érdemi változás nem történt a pernye alkalmazásának kérdéskörében.

A biomasszának napi többszöri szállítmányozása a 67-es főúton (lásd 5.ábra) keresztül, meglehetősen leterhelően hathat az útburkolatra, valamint a forgalomra egyaránt. Valamilyen szinten ez elkerülhetetlen egy ilyen projekt kapcsán. Viszont a forgalom akadályozásának, illetve terhelésének csökkentésének egyik járható útja lehetne az éjszakai szállítmányozás, amit elsősorban a túlméretes rakományok esetében bevett módszer alkalmazni.

Egy gazdasági szempontú lehetőség lehetne, ha a biomassza árát csökkenteni lehetne a fűtőmű számára. Ennek hatására ugyanis még olcsóbban, gazdaságosabban lehetne előállítani a lakosság, illetve a felhasználók számára a hőenergiát.

A fűtőanyag ellátás biztonságának növelése érdekében a város közigazgatási területén érdemes lenne saját alapanyag készletet létesíteni. Ezt könnyen lehetne abszolválni akár többféle módon. Elsőként akár fásszárú energetikai ültetvényekkel, amiket gondos és szakszerű telepítéssel, majd hasonló mértékű szakképzettséggel gondozni. Ez által helyben is lehetne kvázi egy vagy akár több helyen is ilyen tartaléka a városi fűtőműnek. Második ilyen lehetőség az ha a létesítményben városi zöldhulladék hasznosítását is lehetővé tennék, mivel ezáltal a városi parkokból, esetleg külterületi zártkertekről származó biomasszát is fogadni tudná a fűtőmű.

Veszélyek:

Mivel a fűtőmű úgynevezett felügyelet mentes biomassza hasznosító létesítmény lesz, ezért a mérnököknek egy folyamatos hozzáférést biztosító rendszert építettek ki, amelyet egy optikai szálon keresztül kötnek össze a központi szerverrel. Ennek segítségével láthatják a kimenő adatokat a szakemberek. Viszont veszélyt jelenthet, ha ez a kábel/vezeték valamilyen

sérülést kap, vagy szenved bármilyen okból kifolyólag, a kiépített infrastruktúra teljes szakaszának egyik pontján. A kimaradó adatok miatt a rendszer sérülhet, károkat szenvedhet el, aminek bekövetkeztével akár súlyos következményei is lehetnek.

Hasonlóképpen rejthet veszélyeket annak a programnak a meghibásodási lehetőségei, amely a hozzáférést biztosítja a rendszerhez, valamint az adatokat megjeleníti. Ennek meghibásodása ugyancsak további veszélyforrásként lehet jelen a biomassza hasznosítási időszakban. Szorosan ehhez kapcsolható az a lehetőség is, amikor a szoftver túlterhelté válik. Ennek megjelenési formái közé tartozik a rendszer lassulása, lefagyása. Ezek a lehetőségek nem csak bosszantóak, hanem igen veszélyesek is, mivel ezen tulajdonságok bekövetkeztével nehezebben töltődnek be az eredmények, adatok.

Ugyan csak hibalehetőség lehet egy esetleges áramkimaradás, aminek következtében a keringető szivattyúk leállhatnak. Ebből fakadóan a csőhálózatban megnövekedhet a nyomás. Ennek igen nagy veszélyessége van. Azonban mérséklése feltételezhetően, viszonylag egyszerűen eszközölhető generátorok segítségével.

Nagy károkkal járhat, ha a távhőt szállító csőrendszere valamilyen okból kifolyólag megsérülne. Ezáltal folyamatosan hőt vesztené a rendszer. Valamint a javítás is időben elhúzódhat, ami, ha a működési időszakon belül jelentős problémát okozhat a rendszerre csatolt lakásokban élők számára.

Veszélyként fogható fel az a tény is, hogy a fűtőműbe való biomassza kitermelését és szállítást teljes mértékben csak a SEFAG Zrt. látja el. Ez azért lehet probléma, mivel nincsen több tartaléka a nyersanyagellátásra a távhőszolgáltató egységnek, s ezáltal kiszolgáltatott helyzetbe, vagyis egy függő viszonyba kerül az erdészeti vállalattal szemben. Amennyiben esetlegesen valami probléma merülne fel az ellátás bármelyik folyamata közben (szállítás, aprítás, kitermelés), az hosszabb időtávlatban részleges vagy rosszabb esetben teljes leállást eredményezhet a biofűtőmű számára.

Gyengeségek:

Az első és a legnagyobb gyengeség, ami jelen tanulmány elkészítésekor fennáll, hogy még nem volt próbaüzeme a fűtőműnek. Ez egy olyan gyengeségi tényező, mely a tanulmány elkészítését követően (tervezetten 2023.01.15.-én), amennyiben minden a tervek szerint rendben megy majd, akkor a SWOT analízis, más pozitív részéhez kerülne át.

A gyengeségek egyike, hogy a szakirányítási központ a biomassza hasznosító létesítménytől viszonylag távol helyezkedik el. Ebből következően az optikai szálát igen

hosszan lett végig telepítve Kaposváron, az útburkolat mentén, a felszín alatt. Ezzel a távoli vezérléssel és hosszú optikaiszállal jelentősen megnövelve a meghibásodások lehetőségét térben és mennyiségben.

Az egyik legfontosabb gyengesége a beruházásnak, hogy főként a belvárosi társasházak lakói élvezhetik a biomassa tüzeléssel nyert hőenergiát. Ugyanakkor azok, akik még szerettek volna rácsatlakozási engedélyt kérni a rendszerre, többnyire már nem kaptak jóváhagyást, mert a távhőrendszer kapacitásának méretei ezt már nem tették lehetővé. Bár a jövőben még bővíthető lehet a komplexum, illetve tartozékainak minden része, mégis egyelőre a már ismert teljesítménnyel fog működni.

Az előbbi gyengeségi tényező másik oldalról megközelítve is felfogható annak. Itt arra kell elsősorban gondolni, hogy ha a fűtőmű bővíthető kapacitásai révén tovább emelkedne a felhasználók köre, az folyamatosan növekedő költségekkel járna. Ennek magyarázata igen egyszerű hiszen, ha nagyobb teljesítményt szeretnénk elérni, ahhoz több nyersanyagra van szükség, aminek előállítását és szállítmányozását is akkor nagyobb mértékűre kellene növelni, így azok költsége is arányosan növekedne.

4.1.7. A fűtőmű műszaki adatainak összefoglalása

A fűtőmű műszaki adatait egy táblázat formájában foglaltam össze, annak érdekében, hogy könnyebben átláthatóvá legyen. A dolgozatban már mindegyik adat szerepelt az eredmények fejezetben. A táblázat az építmények, kazánok, távhővezetékek és az optikai szál legfontosabb tudnivalóit mutatja be.

Kaposvári Zöld Fűtőmű legfontosabb műszaki adatai	
Fűtőmű épület alapterülete	772 m ²
Napi tároló alapterülete	259,05 m ²
Heti tároló alapterülete	679,75 m ²
Kazánok száma	2 db
Névleges hőteljesítmény	15 MW
Szabályozási tartomány	30-105%
Hatásfok	88-91%
Kazánok üzemi kilépő hőmérséklete	108 °C
Névleges hőfoklépcső	110/80 °C
Méretezési hőfoklépcső	130/80 °C
Max üzemi nyomás	12 bar
Távvezeték mérete	2xDN300/Ø450
Optikai szál védőcső mérete	2x40x3
Optikai szál védőcső anyaga	PE T040/300m
Optikai kábel típusa	FVE 4X12B MONO Corning
Optikai kábel hossza	1900 m

1.táblázat: A kaposvári Zöld Fűtőmű műszaki adatainak összefoglaló táblázata

Forrás: A Fűtőmű műszaki leírásának adataiból (Internet 13), saját szerkesztés

5. Konklúzió

A kaposvári Zöld Fűtőmű beruházása mindenképpen előre lépésnek számít a városi távhőszolgáltatásnak és ezzel egyúttal a felhasználókörének is. Az eddigi fosszilis energiahordozóból előállított hőenergia immár környezet kímélőbb, fenttarthatóbb, gazdaságosabb megújulni képes szilárd biomassa hasznosításából származhat. Kaposvár 2022.02.22.-es adatokkal számolva mintegy 646 millió forintos költségspórolást tud abszolválni, úgy, hogy a földgáz felhasználás mértékét 57%-kal tudja visszaszorítani, aminek köszönhetően 61%-kal kevesebb összegből tudja előállítani a hőenergiát a távhőrendszer számára (Internet 7 adataival). Ebből következik, hogy a földgáz egy százaléknyi ára a számítás idején 368,22 HUF volt. Így könnyedén kiszámolható, hogy a fosszilis energiahordozó részleges kiszorítása előtt a város évente 1502,326 millió HUF összeget fizetett ki a gázért. A jelenlegi világgazdasági események fényében ez napjainkban (2022.11.15.) ez még nagyobb összegeket jelentene. Ennek fényében a kaposvári beruházás gazdasági szempontból első megközelítésben igazán kedvező befektetésnek mondható.

6. Összegzés

Napjainkban egyre inkább növekedik az energiaigény és az energiafelhasználás mértéke is ezáltal. Az eddigi energia éhség kielégítésére legnagyobb mértékben felhasznált energiahordozók nem csak hogy rohamosan fogyatkoznak, hanem felhasználásuk által még felelősek a globális felmelegedésért, és vele együtt a klímaváltozásért is. A megújulók viszont segítséget tudnak nyújtani a világszinten egyre erőteljesebben növekvő energiaigényének mérséklésében, valamint a technikai fejlesztésekkel együtt a károsanyagok kibocsátásának csökkentését is megkönnyítik.

Az Európai Unió szerencsére kiáll a megújulni képes erőforrások tudatos hasznosítása mellett és szorgalmazza azok elterjedését az egész kontinensen belül és kívül egyaránt. Így hazánk is sikeresen tudja kamatoztatni mindazon erőforrásait, melyek ebben a kategóriában a rendelkezésre állnak. Azonban Magyarország a felhasználni kívánt energiahordozóinak döntő hányadát import forrásból fedezi, ami a jelenlegi külpolitikai eseményeket figyelembe véve igen instabil helyzetűnek tekinthető.

A szakirodalmi áttekintésem során végigvettem az általános energiatrendeket a világban, Európában és hazai léptékben is. Kutatásfeldolgozásaimban alapvetően a hazai megújuló energiaforrások alkalmazásának lehetőségeire, ezen belül is legnagyobb hányadban a biomassa hasznosítására fókuszáltam. Összességében elmondható, hogy hazánkban igazán nagy potenciálja van a biomasszát tekintve.

A dolgozatom első célkitűzése, amire kerestem a választ az volt, hogy hazánkban hol vannak olyan területek, ahol a biomassa feltételek megléte mellett fenttarthatóan lehetne üzemeltetni egy ilyen távhőszolgáltató komplexumot. Vizsgálatom során a kaposvári fűtőmű beruházásának példáján keresztül mutattam be, hogy hazánkban ahhoz, hogy egy ilyen volumenű projekt létrejöhessen, annak számos pontban megfelelő terület szükséges. Nem mellesleg kell egy olyan terület, ahol a biomassa mennyisége rendelkezésre áll, olyan mértékben, hogy az hosszú időtávon keresztül, megfelelő teljesítménnyel funkcionálni képes legyen. Olyan területből, ahol hazánkban egy ilyen kaliberű létesítmény telepítése eredményes és funkcionálni képes lehetne, szerencsére sok van. Főleg az erdősebb vidékek (például: Északi-középhegység, valamint Dél- és Nyugat-Dunántúl, Balaton-felvidék stb.) közelében volnának eredményesek a biomassa fűtőművi beruházások szorgalmazása, mivel ezen energiatermelő egységeknek ellátására folyamatosan nagy mennyiségű fűtőanyagot kell biztosítani.

Második célkitűzésem volt bemutatni, hogy milyen engedélyeztetésen keresztül lehet egy ilyen létesítmény beruházását elkezdeni. Valamint ehhez kapcsolódóan milyen telepítési tényezőknek kell megfelelnie a komplexumnak. A kutatásom során gyűjtött információimmal ezt úgy kívánom megválaszolni, hogy a létesítéshez szükséges legfontosabb telepítési tényezőket a 314/2005-ös kormányrendelet tartalmazza. A benne megfogalmazott kritériumoknak minden szempontból meg kell felelnie annak a kiválasztott helynek. Minden esetben a megfelelő szervezeteknek vizsgálatokat kell végezniük, hogy a beruházás nem sértene-e meg a kormányrendelet által meghatározott felsőértékeket. Ahhoz tehát, hogy Magyarországon létesülhessen egy biomassza hasznosító távhőszolgáltató fűtőmű, a telepítési helyet kell gondosan kiválasztani. Amennyiben a kívánt telepítési hely megvan számos vizsgálat lefolytatását kell kérvényeztetni. Elsőként az előzetes vizsgálatokat fogják lefolytatni a megfelelő szakemberek (többek között a kormányhivatal munkatársai). Abban az esetben, ha valamiért nem kielégítő eredményekkel zárulnak a vizsgálatok, akkor az előzetes vizsgálatnál részletesebb elemzést szükséges végezni, ami már egy teljeskörű környezeti hatásvizsgálat szokott lenni. Ezen felül még szükséges készíteni egy hulladékgazdálkodási tervet, amit szintén ellenőriznek és vizsgálnak a megfelelő szakemberek. A vizsgálatok által megfelelőnek ítélt eredmények után lehet a további, például építési engedélyeztetést lefolytatni.

Kutatásom harmadik célkitűzése volt bemutatni, hogy a létesítmény üzemelése milyen paraméterek mellett, milyen hatást gyakorol Kaposvárra és a város energiaellátására. Vizsgálataim során arra a következtetésre jutottam ezzel kapcsolatban, hogy Kaposvárnak, mint megyeszékhelynek, Somogy megye lakosságának közel 20%-át látja el villamos árammal, vízzel, és energiahordozókkal (például: használati földgázzal). A város központi részein élők, akik eddig is részesültek távhővel és használati melegvízzel, most már ezt nem fosszilis energiahordozók kimerítésével kapják ezt meg, hanem tisztább, hosszútávon fenntartható módon megújulókból, mégpedig szilárd biomassza hasznosítása révén. Ez a városnak gazdaságilag pozitív hatásokkal is jár, mivel jelentős mennyiségű földgázt tudnak kiváltani a fűtőmű üzemeltetésével. Valamint a megújuló használatának köszönhetően nem csak a villamos energia, hanem hőenergia termelésben is nagy előrelépést tett a város vezetése a fenntarthatóság irányába. Ezek hatására pedig az EU-s normákat is tartani tudják majd, amivel a kvótákat sem kell megvennie majd a városnak. Helyi gazdaságot erősítve új munkáltatóként, illetve hosszútávú munkaadóként is számba vehető a beruházás. Összességében kijelenthető, hogy az átgondolt, körültekintően telepített, fenntartható apríték tüzelésű fűtőművek további létesítésének van realitása és jövője hazánkban.

Irodalomjegyzék

- Bai, A., Lakner, Z., Marosvölgyi, B., Nábrádi, A., (2002): A biomassza felhasználása. *Szaktudás Kiadó Ház*, Budapest, 72-170.
- Berndes, G., Hoogwijk, M., & Broek, R. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy*, 25(1), 1–28.
- Bódis, P., Gálhidy, L., Harmat, Á., Szajkó, G., & Varga, K. (2021). Van-e elég fenntartható biomassza Magyarországon? - Országjelentés a szilárd biomassza keresleti és kínálati oldaláról. *BIO-SCREEN-CEE ORSZÁGJELENTÉS: MAGYARORSZÁG*, 1–79.
- Demeter, E. (2022). Biomassza-felhasználás energetikai célra. *Agrárközgazdasági Intézet*, 3. évfolya(1.szám), 1–13.
- Dinya, L. (2016). Fenntarthatósági kihívások és a biomassza- alapú energiatermelés. *Journal of Gender, Agriculture and Food Security*, 1(3), 1–22.
- Dinya, L. (2018). Biomassza-alapú energiahasznosítás: a múlt és a jövő. *Akadémiai Kiadó Magyar Tudomány*, 10. <https://doi.org/10.1556/2065.179.2018.8.8>
- Garay, R., Kozak, A., Nyárs, L., & Radoczné Kocsis, T. (2012). The potential for the production and use of biomass-based energy sources in Hungary. *Studies in Agricultural Economics*, 114(3), 1–9.
- Gyulai, I. (2009). A biomassza dilemma. In *Magyar Természetvédők Szövetsége*.
- Horkay, N., 2010. Röviden a helyi gazdaságfejlesztésről. – In. CZENE ZS.– RICZ J. (szerk.): Területfejlesztési füzetek 2. Helyi gazdaságfejlesztés, ötletadó megoldások, jó gyakorlatok. *Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) és a Nemzetgazdasági Minisztérium (NGM)*, Budapest. pp. 13–28.
- Kohlheb, N., Munkácsy, B., Csanaky, L., & Meleg, D. (2015). A megújuló energiaforrások potenciáljai és hasznosításuk Magyarországon. *KOVÁSZ, Tavasz-Tél*(1–4), 19–50. <http://kovasz.bkae.hu/2015/renewables.pdf>
- Konrád, K., & Németh, G. (2012). Fa- és agripellettek tüzeléstechnikai tulajdonságaival összefüggő kutatások alapjai. *Tudomány Science*, 28–34.
- Mágó, L., Topisirović, G., Oljača, S., & Oljača, V. M. (2010). Solid Biomass Potential From Agriculture in Hungary and Serbia. *POLJOPRIVREDNA TEHNIKA*, 35(4), 35–45.
- O'Connor, R.E., Bord, R.J., Fisher, A., (1999). Risk perceptions, general environmental beliefs, and willingness to address climate change. – *Risk Analysis* 19. 3. pp. 461–471.

- Penninger, A., Laza, T., (2009). Megújuló energiaforrásra alapozott kistérségi energiaellátás lehetősége Magyarországon. – In. Kiss, T., Somogyvári, M., (szerk.): Via Futuri (2009). Községi tulajdonú energiarendszerek. *Interregionális Megújuló Energia Klaszter Egyesület, Pécs*. 109 p.
- Popp, J., Aliczki, K., Garay, R., Kozak, A., Nyárs, L., Radoczné Kocsis, T., & Potori, N. (2011). A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon. *Agrárgazdasági Kutató Intézet*, 157.
- Sunblad, E.L., Biel, A., Gaerling, T., (2007): Cognitive and affective risky judgments related to climate change. – *Journal of Environmental Psychology* 27. 2. pp. 97-106.
- Szajkó, G., Mezősi, A., Pató, Z., Scultéty, O., Sugár, A., & Tóth, A. I. (2009). Erdészeti és ültetvény eredetű fás szárú energetikai biomassza Magyarországon. *Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapesti Corvinus Egyetem*, 1–99.
- Vágvolgyi, A. (2013). Fás szárú energetikai ültetvények helyzete Magyarországon napjainkig; üzemeltetésük, hasznosításuk alternatívái. *NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola Biokörnyezettudomány Program, DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS*, 143. <https://doi.org/10.13147/NYME.2014.012>

Internetes források

- (Internet 1) <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hu/sheet/70/megujulo-energia> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.20.
- (Internet 2) <https://infostart.hu/gazdasag/2022/06/09/folyamatosan-tolodik-el-a-magyar-energiamix-a-megujulok-iranyaba#> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.16.
- (Internet 3) https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/ene0010.html Letöltés dátuma: 2022.11.21.
- (Internet 4) <https://www.aki.gov.hu> Letöltés dátuma: 2022.10.26.
- (Internet 5) <https://spssabc.hu/kutatasi-modszerek/melyinterju> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.19.
- (Internet 6) <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500314.kor> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.23.
- (Internet 7) <https://kaposvarmost.hu/hirek/kaposvari-hirek/2022/02/22/megkezdodott-a-kaposvari-zold-futomu-epitese.html> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.21.
- (Internet 8) <https://www.muszaki-magazin.hu/2021/06/02/napelempark-kaposvar-hataraban/> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.20.
- (Internet 9) <http://www.biogazfejleszto.hu/biogaz-fejleszto-kft> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.10.25.
- (Internet 10) <https://miho.hu/biomassza> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.20.
- (Internet 11) <https://juskufa.hu> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.21.
- (Internet 12) <https://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haDetails.jsp?query=kshquery&lang=hu> Letöltés dátuma: 2022.11.23.
- (Internet 13) <https://www.kaposho.hu/varosi-zold-futomu> Utolsó megtekintés dátuma: 2022.11.22.