

Energetikailag hasznosítható biomassza források mennyiségeinek meghatározása elsősorban már megvalósult kutatási eredmények szintézisével

**Készítette az Evergreen Energy Kft a
WWF Magyarország megbízásából a LIFE
BIO-BALANCE projekt keretén belül**

2023.

Szerzők:

Br. Barkóczy Zsolt
Dr. Barna Róbiert
Dr. Csuvár Ádám
Vaszkó Csaba





Az Európai Unió társfinanszírozásával. Nézetek és vélemények azonban kizárólag a szerző(k) véleményei, és nem feltétlenül jelentenek az Európai Unió vagy a CINEA véleményét. Sem az Európai Unió, sem a támogatást nyújtó hatóság nem tehető felelőssé értük.

Tartalomjegyzék

I. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ	8
I.1. Alacsony kockázatú források (ipari és mezőgazdasági hulladékok)	8
I.2. Alacsony kockázatú források (élettartalmuk végét elérő fatermékek)	8
I.3. Magasabb kockázatú források, fenntarthatósági kritériumok alkalmazásával (mezőgazdasági melléktermékek - szalma, szőlővenyige)	9
I.4. Magasabb kockázatú források, fenntarthatósági kritériumok alkalmazásával (direkt energetikai ültetvények)	9
I.5. Erdészeti biomassza kiváltásának a lehetősége	11
II. POTENCIÁLBECSLÉSEK ÁTTEKINTÉSE A SZAKIRODALOM ALAPJÁN	15
II.1. Biogáz	15
II.2. Energiaültetvények	17
II.3. Mezőgazdasági melléktermékek	18
II.4. Faipari melléktermékek	18
III. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / ALACSONY KOCKÁZATÚ FORRÁSOK / IPARI ÉS MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK	19
IV. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / ALACSONY KOCKÁZATÚ FORRÁSOK / ÉLETTARTALMUK VÉGÉT ELÉRŐ FATERMÉKEK	24
V. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / MAGASABB KOCKÁZATÚ FORRÁSOK, FENNTARTHATÓSÁGI KRITÉRIUMOK ALKALMAZÁSÁVAL / MEZŐGAZDASÁGI MELLÉKTERMÉKEK - SZALMA, SZŐLŐVENYIGE	31
V.1. ALAPISMERETEK, ALAPADATOK, SZAKIRODALMI FELDOLGOZÁS	31
V.1.1. A szalma energetikai célú mennyisége, tulajdonságai és hasznosítása	31
V.1.2. Kukoricaszár, kukoricacsutka	32
V.1.3. Napraforgószár és repceszalma	34
V.1.4. Lehetőség az energetikai célú, mezőgazdaságból származó lignocellulóz potenciál növelésére: energianövények termesztése, termelése	35
V.2. ANYAG ÉS MÓDSZER (ALAPADATOK ÉS SZÁMÍTÁSOK)	36
V.2.1. Növénytermesztési adatok elemzése és meghatározása	36
V.2.2. Állattenyésztésben felhasznált növénytermesztési melléktermék adatok elemzése és meghatározása	39



V.2.3. Szőlővenyige és gyümölcsfa nyesedék, mint energetikai alapanyag	40
V.3. EREDMÉNYEK-ÖSSZEFOGLALÓ	42
V.3.1. Magyarország mezőgazdasági lignocellulóz mennyiségének és energiatartalmának elemzése	42
VI. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / MAGASABB KOCKÁZATÚ FORRÁSOK, FENNTARTHATÓSÁGI KRITÉRIUMOK ALKALMAZÁSÁVAL / DIREKT ENERGETIKAI ÜLTETVÉNYEK	54
IRODALOMJEGYZÉK	63

ENGLISH SUMMARY

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF NON-FORESTRY BIOMASS RESOURCES THAT CAN BE USED FOR ENERGY PURPOSES IN HUNGARY

During the development of the study, besides processing studies on biomass potentials, based on other research and development results, we also made our own calculations using official databases.

The following observations can be made for each of the themes:

1. Low risk sources (industrial and agricultural waste)

First investigated biogas production options and suitable feedstocks. Existing biogas plants, livestock farms, food processors, slaughterhouses and municipal wastewater treatment plants were identified and classified. Unfortunately, there is no database available, neither from National Food Chain Safety Office, nor from the Hungarian State Treasury, nor from the Central Statistical Office, nor from any other source, which contains the annual amount of biogas feedstock produced by these operators, so that no meaningful calculations (questionnaire survey) can be made without a questionnaire survey on this topic. There is a significant availability of feedstocks for biogas production, with several different sources of feedstocks in a macro-region so with appropriate development, a very significant potential could be achieved at small scale, with small transport distances and with sufficient efficiency, which would significantly increase sustainability. In Germany, 10% of the population provides its energy needs on a household scale on a biogas basis. By adapting good examples, this could be achieved on a much larger scale in Hungary, taking into account domestic conditions.

2. Low risk sources (wood products reaching the end of their life)

In the wood products section, we covered both the by-products of primary and secondary wood processing that can be used for energy purposes, as well as the different uses of wood waste ("old wood" Altholz). Overall, studies and databases with specific quantities are not available. On the basis of sustainability and environmental principles, only those wood by-products whose energy recovery is technologically feasible and which do not arise in the case of combustion emission problems. We used a questionnaire database prepared by a professional organisation to determine the amount of wood by-products that could be intensively used for energy purposes in the future. Due to waste recovery trends, secondary processing technologies and established practices, wood waste cannot be considered as a potential feedstock for energy.

3. Higher-risk sources, using sustainability criteria (agricultural by-products - straw, grape must)

For agricultural by-products, such as straw, vine cuttings, sufficiently detailed databases were available, on the basis of which accurate calculations were made to determine the energy potential and sustainability criteria were fully applied. The most detailed data and literature were used to determine the volumes of other uses of these by-products, taking into account the areas covered by agri-environmental support and the volume of byproducts used by the growing use of environmentally friendly agriculture. The calculated data thus provide a long-term sustainable energy potential on which to base future renewable energy production on an agricultural by-product basis.

4. Higher risk sources, using sustainability criteria (direct energy plantations)

In determining the energy content of the feedstock that can be produced from energy crops, we have taken into account existing research and development results, experience, trends and environmental guidelines. Only those feedstocks that can be adequately utilised were considered, and only in agricultural areas where the plantation of energy crops would not compete with food crops, but would provide an alternative use for those areas that are not profitable for food crops. In addition, protected natural areas have of course been taken into account as areas where energy crops cannot be planted.

TABLE 1: CALCULATED VALUES FOR BIOMASS POTENTIAL IN HUNGARY

Groups testedEnergy	potential (PJ)
	-
Low-risk sources (industrial and agricultural waste)	
	5,8
Low-risk sources (end-of-life sources) wood products)	
Higher risk sources, sustainability using criteria (agricultural by-products - straw, grape must)	86,2
	88,7
Higher risk sources, using sustainability criteria (direct energy plantations)	
Total	180,7

TABLE 2: COMPARISON OF LITERATURE AND OWN CALCULATIONS FOR EACH BIOMASS POTENTIAL

Group examined	Subgroup	Source from	Energy potential (pJ)	own calculation (pJ)
Biogas	Municipal waste	Bai 2005	443	-
	Manure	Bai 2005	37,4	
	Manure	Field 2018	12,6	
	Secondary and tertiary biomass	Marosvölgyi 2004	157	
	Secondary and tertiary biomass	Bai 2007	77,6	
	All literature calculated		533,2 - 637,4	
	All literature calculated except residential originated		90,2 - 194,4	
	All	Lovas 2010	118	
Wood products		-		5,8
Agricultural residues		Lukács 2009	212	86,2
		Munkácsy 2014	78,4	
Energy plantations		Fischer 2005	327,6	88,7
		Wit-Faaij 2010	375	

Based on the studies on biomass potentials examined and our own surveys, we can say that **the greatest energy potential is in biogas utilisation**, which can rely on feedstocks that are not or only to a small extent utilised by other industries or whose treatment in biogas production would otherwise be desirable. The diversity of feedstocks and the high number of places where they are produced, a targeted and detailed assessment is needed to determine more accurate potential values.

Although the potential for wood products is not as high as for other products, they are the easiest to exploit, and it is therefore imperative to maximise this potential.

In the case of **agricultural by-products**, the **energy potential of ~80 PJ** is the maximum that can be expected in the future, provided that sustainability criteria are strictly observed, and a significantly higher utilisation is not justified on professional grounds.

The amount of energy that can be produced from energy crops depends mainly on the profitability of food agriculture in marginal areas. We have placed a strong emphasis on protected natural areas, agri-environmental areas and food crop production, and have

accordingly severely limited the space that can be occupied by energy wood plantations, but changing economic conditions could change this significantly.

5. The potential for forest biomass substitution

In the case of forest biomass, the substitution of roundwood used by households and industry can be relevant. For both residential firewood and energy wood, we can compare the energy potentials obtained in the calculations with the energy content of 1 m³ (stacked m³) of wood. Since in all cases the realistically used heating value was calculated, again, taking into account an average specific weight of ~30% moisture content, we can calculate a value of 7.8 GJ/m³. This means that 1 PJ of energy can replace 128,205 m³ of wood. Based on this, the total Hungarian energy wood consumption could be replaced several times over by the other biomass potentials detailed above.

It is important to note, however, that in traditional forest management, forest management goes hand in hand with wood utilisation interventions, which not only produce wood of a quality suitable for industry, but also wood that can only be used for energy purposes, so it is not advisable to replace their utilisation, but to promote their use for energy purposes with the highest possible efficiency. Unfortunately, the current trend is for large quantities of wood to be used in power stations, which could be further processed for industrial use, which would be more conducive to carbon sequestration, since the wood-based product would contain the plant material until it decomposes or is burnt. The other big problem is that the efficiency of power plants in Hungary is very low at 20-35%, which means that 80% of the energy in the form of wood is lost, so we waste a lot.

I. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A tanulmány készítése során részben feldolgoztuk a biomassza potenciálokkal foglalkozó tanulmányokat, ehhez a témakörhöz kapcsolódó szakirodalmakat, elvégeztük ezek együttes értékelését, illetve a szakirodalmi, illetve más kutatás-fejlesztési eredményekre támaszkodva, hivatalos adatbázisokat felhasználva a saját számításokat is végeztünk.

Az alábbi megállapításokat tudjuk tenni az egyes témakörök tekintetében:

I.1. Alacsony kockázatú források (ipari és mezőgazdasági hulladékok)

E csoportba első sorban a biogáz termelési lehetőségek és azokhoz alkalmas alapanyagok vizsgálatát végeztük el. Felkutattuk és rendszereztük a meglévő biogáz üzemeket, az állattartó telepeket, élelmiszer feldolgozókat, vágóhidakat, települési szennyvízkezelőket. Sajnos nincs olyan hozzáférhető adatbázis sem NÉBIH, sem a Magyar Államkincstár, sem KSH, sem más forrásból, amely tartalmazná ezen szereplőknél keletkező biogáz előállítására alkalmas alapanyag éves mennyiségét, így nem lehet érdemi számításokat végezni (kérdőíves felmérés) nélkül ebben a témában. Az egyes biogáz előállítására alkalmas alapanyagok jelentős mértékben állnak rendelkezésre, egy-egy járásban több különböző alapanyag-forrás is megtalálható, így megfelelő fejlesztésekkel, kisüzemi szinten is nagyon jelentős potenciál lenne elérhető kis szállítási távolságokkal, és megfelelő hatékonysággal, ami a fenntarthatóságot jelentősen növelné. Németországban a lakosság 10%-a háztartási méretben biogáz alapon biztosítja magának a szükséges energiát. A megfelelő jó példákat adaptálva Magyarországon ennél jóval nagyobb mértékben lehetne ezt megvalósítani figyelembe véve a hazai adottságokat.

I.2. Alacsony kockázatú források (élettartalmuk végét elérő fatermékek)

A fatermékek témakörben végigvettük mind az elsődleges, mind a másodlagos faipari feldolgozás során keletkező energetikai célra hasznosítható melléktermékeket, mind a különböző fa hulladékok („öreg-fa” Altholz / Recycling) felhasználási lehetőségeit. Összességében konkrét mennyiségeket tartalmazó tanulmányok, adatbázisok itt sem állnak rendelkezésre. A fenntarthatóság és a környezetvédelmi elvek alapján csak azon fa melléktermékekkel foglalkoztunk mélyrehatóbban, amelyek energetikai hasznosítása technológiailag megnyugtatóan lehetséges, nem jelentkezik eltüzeléses hasznosítás esetén emissziós problémák. Szakmai szervezet által készített kérdőíves adatbázist felhasználva meghatároztuk azon fa melléktermékek mennyiségét, amely a jövőben intenzíven energetikai célokra bevonható lehet. A hulladékhasznosítási tendenciák, és másodlagos feldolgozási

technológiák, kialakult gyakorlat végett a fa hulladékokkal, mint potenciális energetikai célú alapanyaggal nem számolhatunk.

I.3. Magasabb kockázatú források, fenntarthatósági kritériumok alkalmazásával (mezőgazdasági melléktermékek - szalma, szőlővenyige)

A mezőgazdasági melléktermékekre, mint szalmaszár, szőlővenyige, nagyon jó részletes adatbázisok álltak a rendelkezésre, amelyek alapján pontos számításokat végeztünk az energetikai potenciál meghatározása végett. A fenntarthatósági kritériumokat teljes mértékben alkalmaztuk. A legrészletesebb adatok és szakirodalom alapján meghatároztuk ezen melléktermékek egyéb felhasználási volumeneit, figyelembe vettük az Agrár-környezetgazdálkodási támogatással érintett területeket, és az egyre inkább terjedő környezetkímélő mezőgazdaság által hasznosított melléktermék mennyiségét is. A számított adatok így egy hosszú távon fenntartható energetikai potenciált adnak, amelyre lehet alapozni a jövőbeni megújuló energiatermelést mezőgazdasági melléktermék alapon.

I.4. Magasabb kockázatú források, fenntarthatósági kritériumok alkalmazásával (direkt energetikai ültetvények)

Az energetikai ültetvényekkel megtermelhető alapanyag energiatartalmának meghatározásakor figyelembe vettük az eddigi kutatás-fejlesztési eredményeket, tapasztalatokat, tendenciákat, és környezetvédelmi irányelveket. Csak a megfelelően hasznosítható alapanyagokkal számoltunk, és csak olyan mezőgazdasági területeken, ahol az élelmiszercélú növénytermesztésnek nem okozna konkurenciát az energetikai ültetvények telepítése, hanem ezen élelmiszer termelési célú hasznosítás szempontjából nem rentábilis területeknek alternatív hasznosítást biztosítana az ültetvény. Emellett természetesen figyelembe vettük a védett természeti területeket, mint ahol energetikai ültetvények nem telepíthetők.

1. TÁBLÁZAT: SZÁMÍTOTT ÉRTÉKEK A BIOMASSZA POTENCIÁLRA MAGYARORSZÁGON

Vizsgált csoportok	Energia potenciál (PJ)
Alacsony kockázatú források (ipari és mezőgazdasági hulladékok)	-
Alacsony kockázatú források (élettartalmuk végét elérő fatermékek)	5,8
Magasabb kockázatú források, fenntarthatósági kritériumok alkalmazásával (mezőgazdasági melléktermékek - szalma, szőlővenyige)	86,2
Magasabb kockázatú források, fenntarthatósági kritériumok alkalmazásával (direkt energetikai ültetvények)	88,7
Összesen	180,7

2. TÁBLÁZAT: AZ EGYES BIOMASSZA POTENCIÁLRA VONATKOZÓ SZAKIRODALMI ÉS SAJÁT SZÁMÍTÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Vizsgált csoport	Alcsoport	Forrás	Energia potenciál (PJ)	Saját számítás (PJ)
Biogáz	Kommunális hulladék	Bai 2005	443	-
	Trágya	Bai 2005	37,4	
	Trágya	Mezősi 2018	12,6	
	Másodlagos és harmadlagos biomassza	Marosvölgyi 2004	157	
	Másodlagos és harmadlagos biomassza	Bai 2007	77,6	
	Összes szakirodalmi számított		533,2 - 637,4	
	Összes szakirodalmi számított kommunális nélkül		90,2 - 194,4	
	Összes	Lovas 2010	118	
Fatermékek		-		5,8
Mezőgazdasági melléktermékek		Lukács 2009	212	86,2
		Munkácsy 2014	78,4	
Energiaültetvények		Fischer 2005	327,6	88,7
		Wit-Faaij 2010	375	

A vizsgált biomassza potenciálokkal foglalkozó tanulmányok, és a saját felmérések alapján kijelenthetjük, hogy a legnagyobb energiapotenciál a biogáz hasznosításban van, amely olyan alapanyagokra tud támaszkodni, amely alapanyagokat más ipar nem, vagy csak kis mértékben hasznosít, vagy azok biogáz előállítás során történő kezelése egyébként is kívánatos lenne. Az

alapanyagok sokfélesége és a keletkezési helyük magas száma miatt célirányos és részletes felmérés útján lehet pontosabb potenciál értékeket meghatározni.

A fatermékek esetében bár a többihez képest nem olyan jelentős mértékű a rendelkezésre álló potenciál, azonban hasznosításuk mind közül a legegyszerűbb, így a lehetőség minél nagyobb arányú kihasználása feltétlen indokolt.

Mezőgazdasági melléktermékek esetében a fenntarthatósági kritériumok szigorú szem előtt tartása esetén a ~80 PJ energiapotenciál az, amivel kalkulálni szabad a jövőben, ennél lényegesen nagyobb hasznosítás szakmai alapon nem indokolt.

Az energetikai ültetvényekkel megtermelhető energia mennyisége legfőképpen attól függ, hogy az élelmiszcélú mezőgazdasági termelés a határtermőhelyeken mennyire lesz rentábilis. Mi nagy hangsúlyt adtunk a védett természeti területeknek, az agrár-környezetgazdálkodás szabályai szerint művelt területeknek és az élelmiszcélú növénytermelésnek, és ennek megfelelően erősen szűkítettük az energetikai faültetvények által elfoglalható területet, azonban az ökonómiai körülmények változása ezen lényegesen változtatható.

I.5. Erdészeti biomassa kiváltásának a lehetősége

Erdészeti biomassa esetén elsősorban a lakossági célú hengeres tűzifa, illetve az erőművi felhasználású sarangolt választékok felhasználásának a kiváltása jöhet számításba. Mind a lakossági célú tűzifa, mind az energiafa esetében az 1 m³ (erdei m³) fa energiataartalmával tudjuk összevetni a számítások során kapott energiapotenciálokat. Mivel minden esetben a kinyerhető energiát számoltuk, itt is egy ~30% nedvességtartalmú átlagos faj súlyú értéket figyelembe véve 7,8 GJ/m³ értékkel számolhatunk (ami az átlagos fajlagos tömeg (t/m³), és az átlagos égéshő (GJ/t_{ato}) alapján számolt fűtőérték 30 %-os nedvességtartalomra, irodalmi adatok és labormérések alapján).

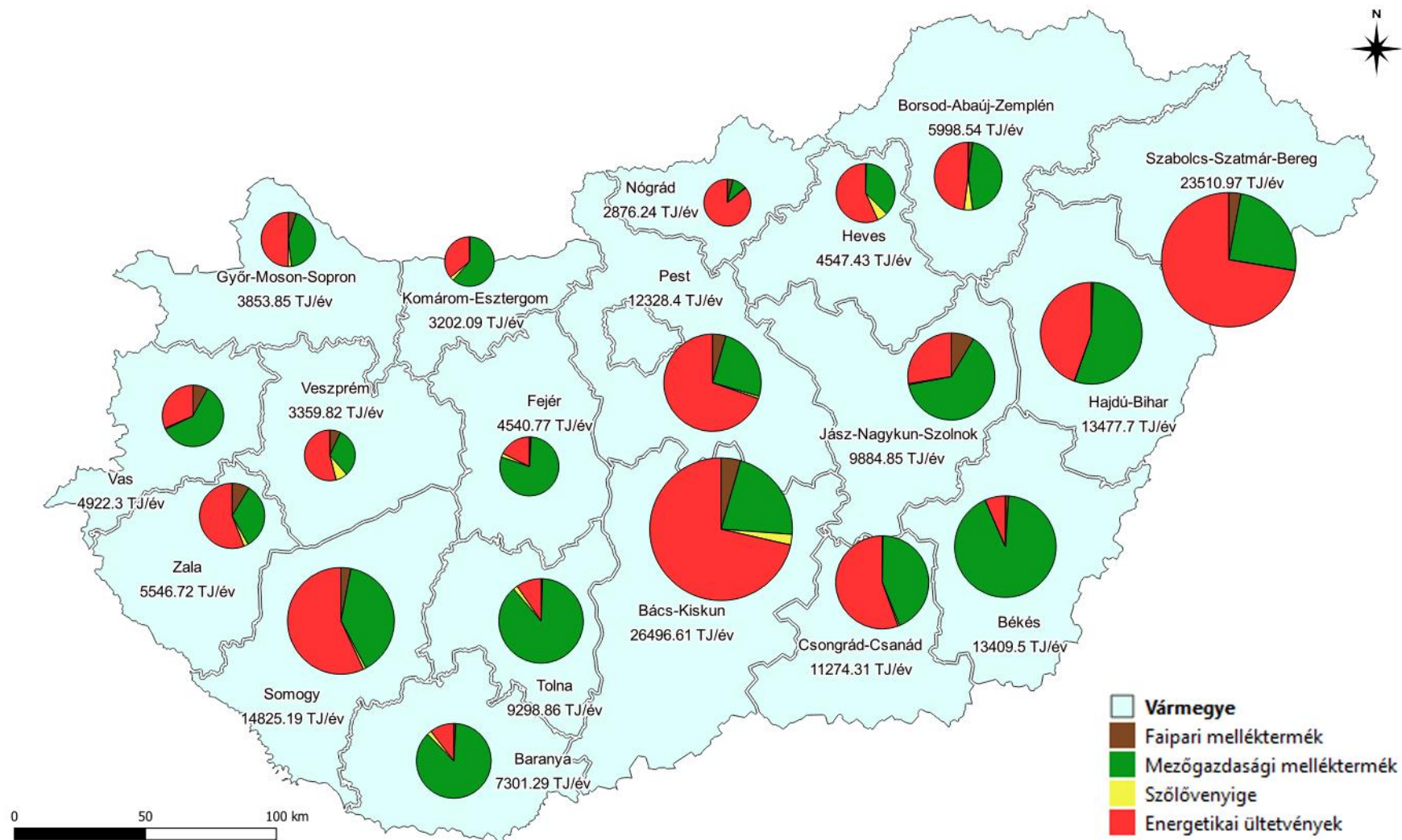
Ennek megfelelően 1 PJ energiával 128.205 m³ fát válthatunk ki. Ez alapján a teljes magyar energiafa felhasználás is többszörösen kiváltható lenne a fent részletezett egyéb biomassa potenciálokkal.

Fontos megjegyezni azonban, hogy a hagyományos erdőgazdálkodás során az erdő kezelése együtt jár a fahasználati beavatkozásokkal, amely során nem csak az ipar számára alkalmas minőségű választékok termelhetők, keletkezik olyan választék is, amely csak energetikai célra hasznosítható, így ezek hasznosítását nem célszerű kiváltani, de minél nagyobb határfok melletti energetikai célú felhasználását elő kell segíteni. Sajnos a jelenlegi tendencia az, hogy nagy mennyiségben olyan faanyag is erőművekbe kerül, amely az ipar számára is alkalmas

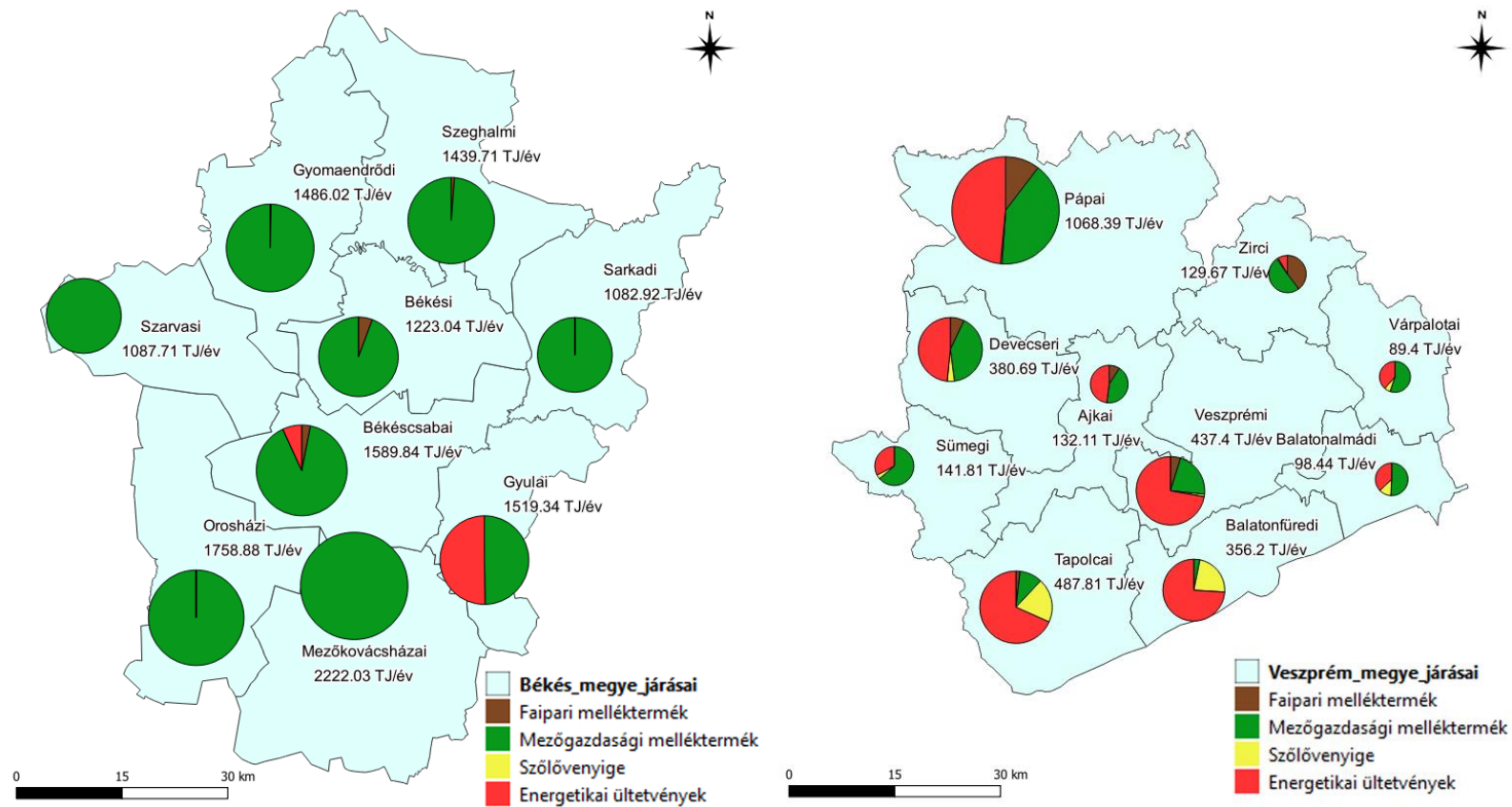
lenne tovább feldolgozásra, amely sokkal inkább szolgálná a CO₂ megkötést, mivel a fa alapanyagból készült termék annak lebomlásáig vagy elégetéséig magában tartaná a növény által korábban megkötött CO₂-t, legyen az papír, különféle falemez, bútor, stb. A másik nagy probléma, hogy a magyarországi erőművek hatásfoka nagyon alacsony 20-35%, ami azt jelenti, hogy a faanyag formájában bevitt energia 80 % elvész, így rengeteget pazarolunk.

A legolcsóbb energia és a legkisebb energiafüggőséget biztosító megoldás, ha nincs szükség energiára. Ez természetesen szélsőséges megközelítés, azonban mindenféle energiafelhasználás előtt az a legelső feladat, hogy magát az energiaigényt csökkentsük le olyan mértékig, ami még költséghatékony, azaz szigeteljünk, hulladék hőt használjunk, komplex rendszerekben gondolkozzunk. A következő lépés az, amikor az energiát előállítjuk, legyen az energiaforrás akár fosszilis, akár megújuló, azt a mindenkori technológiai lehetőségek függvényében minél magasabb hatásfokon tegyünk. A harmadik fontos szempont pedig az energetikai alapanyagok piacának stabilitása, kiszámíthatósága, ami alapfeltétele a költséghatékony, és fenntarthatóságnak.

1. ÁBRA: A VIZSGÁLT FORRÁSOK ENERGIAPOTENCIÁLJÁNAK MEGOSZTLÁSA MAGYARORSZÁGON VÁRMEGYÉNKENÉNT (TJ/ÉV)



2. ÁBRA: A VIZSGÁLT FORRÁSOK ENERGIAPOTENCIÁLJÁNAK MEGOSZTLÁSA BÉKÉS ÉS VESZPRÉM VÁRMEGYÉBEN JÁRÁSONKÉNT (TJ/ÉV)



II. POTENCIÁLBECSLÉSEK ÁTTEKINTÉSE A SZAKIRODALOM ALAPJÁN

II.1. Biogáz

A következőkben néhány fontos tanulmány alapján ismertetjük a különböző területekre, tevékenységekre számított potenciálbecslések eredményeit. Pappné Vancsó 2010-ben készített doktori értekezésében arról ír, hogy a hazánkban keletkező, biogáz termelésre hasznosítható biomassza potenciális mennyisége számottevő, ennek viszont csupán töredékét, néhány százalékát hasznosítjuk. Bai 2005-ös elemzése szerint a legnagyobb mennyiségben keletkező biogáz alapanyag a kommunális hulladék (443 PJ), amit aztán a trágya (almos és híg) követ (37,4 PJ). A trágya, továbbá az állattartó telepeken az állati tetemek, a húsipari üzemekben a hatalmas mennyiségű csurgalékvíz, valamint egyéb állati maradványok (csont, toll) ártalmatlanítását is elősegítik a helyben, a hulladék/melléktermék helyén rendelkezésre álló biogáz üzemek.

Az elsősorban másodlagos és harmadlagos biomasszát hasznosító biogáz eljárás magyarországi felhasználását illetően az egyes becslések között jelentős eltérésekkel találkozhatunk: míg Marosvölgyi (2004) 157 PJ műszaki potenciált határoz meg, addig Bai (2007) 77,6 PJ értékkel számol. Egy az Agrárgazdasági Kutatóintézet (AKI) által készített tanulmány szintén kitér a biogáztermelés lehetőségeire és Lovas (2010) adatai alapján határozza meg a lehetséges termelési kapacitás határait. Ennek alapján mintegy 118 PJ műszaki potenciállal számolnak (Lovas, 2010; Popp–Potori, 2011).

Mezősi és munkatársainak (2018) kutatása a 2030-as megújuló energiaarány elérésének költségbecslésével foglalkozott. E szerint a legjelentősebb biogáz potenciál a mezőgazdasági alapanyagokban rejlik, így ennek becslését részletesen is elvégezték. A becslés alapját a legnagyobb állattartó telepeken keletkező trágya és az abból maximálisan kinyerhető metán optimális fermentációjához szükséges szalma mennyisége képezte. A számításban a nagyállategységű országos állománynak ~60 százalékát vették alapul. Ehhez eltérő környezeti fenntarthatósági elvek alapján számították hozzá forgatókönyvek alapján a szántóföldi gabonatermesztésből származó, országosan betakarított szalmának a 18-34 százalékát. A kutatásukban alkalmazott prognózis abból indul ki, hogy a rendelkezésre álló trágya mekkora részét használják fel a már meglévő mezőgazdasági biogáz üzemek. Ezt az arányt 2016-ra 82,3 százaléknak becsülték, amelynek felhasználásával 2030-ra 12,58 PJ biometán kihozatal adódik. Ez 38 százalékos határfokot és évi 7500 óra kihasználást feltételezve összesen 91 MW beépített kapacitás-potenciált eredményez a jelenlegi kapacitásokon túl.

A 2023-2024-ben kidolgozás alatt lévő Biogáz és biometán akcióterv (Energiaügyi Minisztérium, 2024) alapvetése az, hogy a biogáz/biometán termelés alapjául szolgáló

biomassza felhasználás nem korlátozhatja az agrárgazdasági célok teljesítését és összhangban kell lennie a fenntartható és körforgásos gazdaság elveivel. Az akcióterv megállapítja, hogy az Agrárközgazdasági Intézet által végzett hazai biogáz termelési potenciál elemzés és annak az IFUA tanácsadó cég által korrigált változata alapján mintegy 600 millió m³ biogáz előállításához áll rendelkezésre fenntartható mennyiségű biomassza alapanyag. Az elemzés egyik eredménye az, hogy nagyjából 8 millió 900 ezer tonna olyan alapanyag lesz elérhető 2030-ra, amelyből biogáz előállítható. Ennek legnagyobb része, 6 741 000 tonna állati trágya, ezután következnek a feldolgozóipar melléktermékei 813 569 tonna alapanyaggal, majd a szennyvíziszap 650 ezer tonna alapanyaggal, ezután pedig a növénytermesztés melléktermékei következnek 361 312 tonna alapanyaggal. A növénytermesztés melléktermékei kapcsán az akcióterv megállapítja, hogy ez a mennyiség az Agrárközgazdasági Intézet által becsült alsó érték a talaj védelme érdekében. Ennek a teljes becsült biogáz alapanyag potenciál mennyiségnek az energiatartalma nagyjából 10,8 PJ. A magunk részéről úgy gondoljuk, hogy ez a potenciál számítás áll legközelebb a valósághoz, amely a fenntarthatósági szempontokat is figyelembe veszi.

II.2. Energiaültetvények

Kohleb és munkatársainak 2015-ös tanulmánya a hazai megújuló energiaforrások potenciáljait és felhasználási lehetőségeit vizsgálta. A szerzők Fischer és munkatársainak (2005) tanulmányára hivatkozva 327,6 PJ energiaforrást azonosítanak a magyar fás szárú- (fűz és nyár) és energianádültetvény-potenciált illetően. A potenciál eléréséhez javasolják a termelési viszonyok átalakítását és a termőterület növelését. Ez a mennyiség kiegészítve az erdő- és szántóterületek potenciáljával 176 GJ/fő fás szárú energianövény potenciált eredményez, ami a lakosságszámmal felszorozva hazánk esetében 1777 PJ hasznosítható energiát jelentene évente. Ez az érték a meglévő hasznosítást is tartalmazó elméleti potenciálnak tekinthető. De Wit–Faaij (2010) becslésében 2030-ra körülbelül 500 PJ/év felhasználható biomassza inputot valószínűsít hazánkban, amelynek akkorra több mint háromnegyedét energiaültetvényeknek kellene adniuk. A fás szárú alapanyagok elméleti potenciálja a faipari és gyümölcsstermesztési hulladékokkal együtt 67,5 PJ elméleti potenciált jelent az AKI 2011-es számításai szerint (Popp–Potori, 2011). Ebből helyi, avagy kogenerációs rendszerekben (85%-os összehatásfok és 40%-os villamos hatásfok mellett) 35,1 PJ hőenergia és/vagy 22,3 PJ villamos energia termelhető, vagyis összesen 57,4 PJ műszaki potenciál érhető el.

Az igen tág határok között mozgó értékeket Kohleb és szerzőtársai (2015, 28. o.) a következőképpen értékelik: “Az eddigi szakirodalmi adatokat és a saját becslést összesítve tehát a hazai felhasználható elméleti biomassza potenciálra vonatkozó legalacsonyabb értéket az AKI tanulmánya tartalmazza, melynek értéke 87,3 PJ (Popp–Potori, 2011). A legmagasabb becslés pedig 1777 PJ (Fischer et al., 2005). Természetesen e két érték igen tág intervallumot fog közre, amelynek több oka is van. Az AKI becslése óvatos megközelítést tükröz, amely a jelenlegi földhasználat mellett megtermelhető potenciált jelenti, figyelembe véve a már meglévő hasznosítást is. Ezzel szemben Fischer et al. (2005) kalkulációi 2030-ra vonatkoznak, és az energetikai célú földhasználati változtatások adta lehetőségeket is tartalmazzák.”

Pappné Vancsó (2010, 128. o.) az alábbi megállapításokat teszi az energianövények hazai hasznosításával kapcsolatban: „A biomassza hasznosításának bővítési lehetőségei főként a fent említett melléktermékek, illetve másodlagos és harmadlagos biomasszák felhasználásában, valamint az energianövény termesztésében rejlik hazánkban. Mivel az előbbiek már jelenleg is rendelkezésre állnak, érdemes lenne elsőként ezeket hasznosítani, és csak ezt követően gondolkodni az energianövények termesztésén. Azonban a szabályzórendszer hiányosságai és a források szűkössége miatt hasznosításuk vontatottan halad. Az energianövények esetében megállapítható, hogy hosszú távon a földterület használat változásai és a természetvédelmi megfontolások miatt szántóink csak korlátozottan vehetők igénybe. Az energiahatékonysági, természetvédelmi és vidékfejlesztési szempontokat figyelembe véve a Dunától nyugatra a fás, keletre a lágyszárú energetikai ültetvények nyújthatnák a legideálisabb lehetőséget a villamosenergia- és hőhasznosítás, valamint a

mezőgazdasági melléktermények kiegészítésével biogáz termelés alapanyagaként. A jelenlegi és a tervezett bioetanol, illetve biodízel üzemek alapanyagai azonban már most lefedik, illetve túllépik a jövőben energianövény termesztésére használható földterületet.”

II.3. Mezőgazdasági melléktermékek

A mezőgazdasági melléktermékeket illetően négymillió hektár mezőgazdasági területtel számolva évente átlagosan 19,5 millió tonna mezőgazdasági melléktermék keletkezik, melynek összes energiatartalma Lukács (2009) szerint 212 PJ. Fenntarthatósági szempontok fokozott figyelembe vétele mellett e mennyiségnek viszont csupán 37 százalékával számolhatunk, ami 78,4 PJ energiát jelent (Munkácsy et al., 2014).

II.4. Faipari melléktermékek

A faipari melléktermékekről nem találtunk számítást, Mezősi és munkatársainak (2018) tanulmánya azonban fontos megjegyzéseket tartalmaz a faiparra vonatkozóan, amiket fontos szem előtt tartanunk a melléktermékeket illetően is: „a hivatalos energiamérlegben megjelenő tűzifa felhasználást nem lehet megtalálni a forrás oldali hivatalos statisztikákban. A hiány mértéke nagyjából 2/3-os. Felhívjuk a figyelmet, hogy mindenképp szükséges és sürgető a hatósági adatok módszertani kérdéseit tisztázni és hivatalos magyarázatot adni a hivatalos statisztikák között feszülő ellentmondásra. Ennek hiányában a statisztikákat nem lehet megbízhatónak tekinteni. Ezek alapján jelen tanulmány nem vállalkozik megújuló energiapotenciál becslésre a szilárd biomassza szegmensben. Annak a lehetősége is fennáll ugyanis, hogy a felhasználás oldali adatok a helyesek, és ebben az esetben kérdéses, hogy a tűzifa mennyiben származik fenntartható erdőgazdálkodásból. A fenntarthatóság pedig alapvető feltétele annak, hogy a szilárd biomasszát megújuló energiaforrásnak tekintsük.”

Bódis és szerzőtársainak (2021) kutatási eredményei tovább erősítik az említett anomáliát. A kutatás során megbecsülték, hogy a hivatalos erdőterületeken kívül mennyi a lehetséges biomassza mennyisége, azonban így is a biomassza-felhasználás 40 százalékának eredetéről nincsen információ. Az erdészeti és az energetikai statisztikák közötti lényeges eltérés oka bármelyik oldalon fennállhat. Ennek tisztázása nélkül azonban lehetetlen biztosra venni a felhasznált mennyiségeket, ekképpen a képződő melléktermékekről sem tudunk mit mondani.

III. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / ALACSONY KOCKAZATÚ FORRÁSOK / IPARI ÉS MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK

A biogáz potenciál becsléséhez számos forrást vehetünk alapul, úgy, mint szántóföldi növényi melléktermékeket, trágyát és szennyvizet, élelmiszeripari vagy kommunális hulladékot - csak, hogy a legáltalánosabb alapanyagokat említsük. A gáztermelés során az alapanyagok anaerob kezelésével csökken a környezet terhelése (pl. szag, anyagok) és kiváló tápanyagot állíthatunk elő a növénytermesztés számára a keletkező szubsztrátlé magas tápanyagtartalma miatt. Ennek felhasználásával csökkenthető a műtrágyafelhasználás, ami által költséget takaríthatnak meg a cégek (Demeter, 2022). És mivel a műtrágya jelentős része földgázból készül, csökkenhet az ország földgázimport-függősége is.

A legjelentősebb potenciál az agráriumban keletkező hulladékokban rejlik, azon belül is a trágya, majd ezt követően a (trágyával összekevert) szalma a legfontosabbak (Mezősi et al., 2018). Demeter (2022) jelentése szerint a felhasznált legfőbb alapanyagcsoport a mezőgazdasági termékek, amelynek részesedése 54,7 százalék az összes biogáz termelésben, (700 ezer tonna). Ennek a mennyiségnek a 89,7 százalékát az állati trágyák jelentették 2021-ben. Az agrárium melléktermékeit a feldolgozóipari alapanyagok követik 36,9 százalékkal (472,5 ezer tonna), melynek 20,1 százalékát a szeszipari melléktermékek, a 26,7 százalékát a malomipari termékek tették ki a 2021-ben.

Mindebből adódóan munkánk során igyekeztünk olyan adatbázisokat megszerezni, összeállítani, amik részletes információkat adnak a számunkra releváns (azaz biogáz alapanyagot előállító) termelő tevékenységek meghatározásáról, helyéről, kapacitásáról, az inputok és az outputok fajtáiról és mennyiségéről. Ez az az adatszükségleti minimum, ami szakirodalmi eredményekkel vegyítve lehetővé teszi megbízható becslések készítését. Prioritásként kezeltük az állattenyésztést, mint a trágya elsődleges forrását.

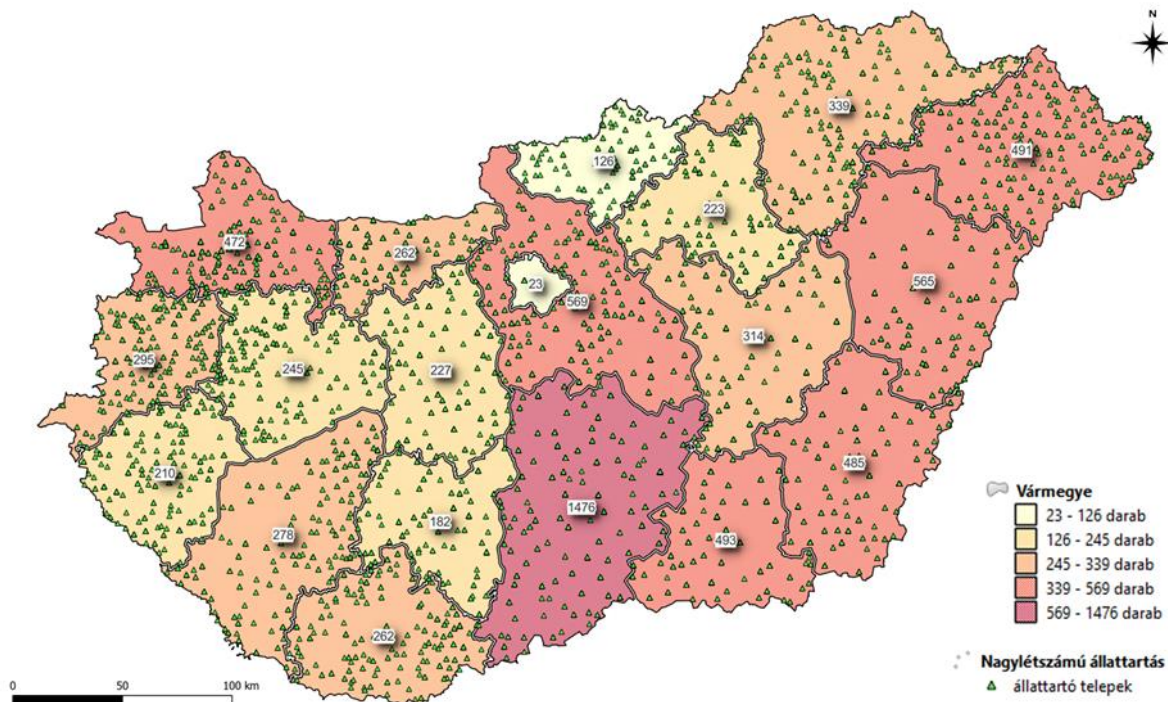
Az adatgyűjtés során szerzett tapasztalataink fontos tanulságul szolgálnak e tanulmány és talán más kutatások számára is, hiszen azt mutatják, hogy az adatok elérhetősége rendkívül korlátozott. Nem találtunk sem a NÉBIH-nél, sem a KSH-nál, sem az Magyar Államkincstárnál olyan adatbázist, ami tartalmazná az imént említett adatminimumot. Az elsődleges prioritást élvező trágyát, illetve annak forrásául szolgáló állattenyésztést illetően sikerült egy válogatott adattáblát szerezni a NÉBIH-től, ami azonban a konkrét tevékenységen és annak telephelyének címén túl nem tartalmaz más információt, ekképpen potenciál becslés készítéséhez sajnos alkalmatlan. Alkalmas azonban arra, hogy bemutassuk, a biogáz-alapanyag szempontjából kiemelkedő fontosságú tevékenységek hol helyezkednek el, s hol koncentrálódnak az országban. Ez lényeges szempont a regionális gazdasági (pl. szállítási költség) és regionális fenntarthatósági (pl. emissziós mérleg a beszállítás távolsága és a

lehetséges ÜHG megtakarítás alapján) kritériumok meghatározásakor. A Magyarországon 2021-ben a működő és adatot szolgáltató biogáz üzemek (szennyvíziszap- és depóniagáz-üzemek nélkül) 52,6 százaléka állattartó telepek közelében helyezkedett el (Demeter, 2022), növelve a költséghatékonyságot, csökkentve a szállítás okozta ÜHG-kibocsátást az alapanyagok és a tartályok távolságának minimalizálásával.

A trágyán túl érdemes más alapanyagokra is tekintettel lennünk, viszont azok sokfélesége, mennyiségi, minőségi és térbeli diverzitása miatt aluról felfelé (bottom-up) irányuló részletes kérdőíves, interjúk felmérés útján lehet pontosabb potenciál értékeket meghatározni. Ilyen adatgyűjtéssel lehetséges kiegészíteni az általunk használt adatbázist is, így tudnánk az anyagáramok mennyiségeit a telephelyekhez rendelni.

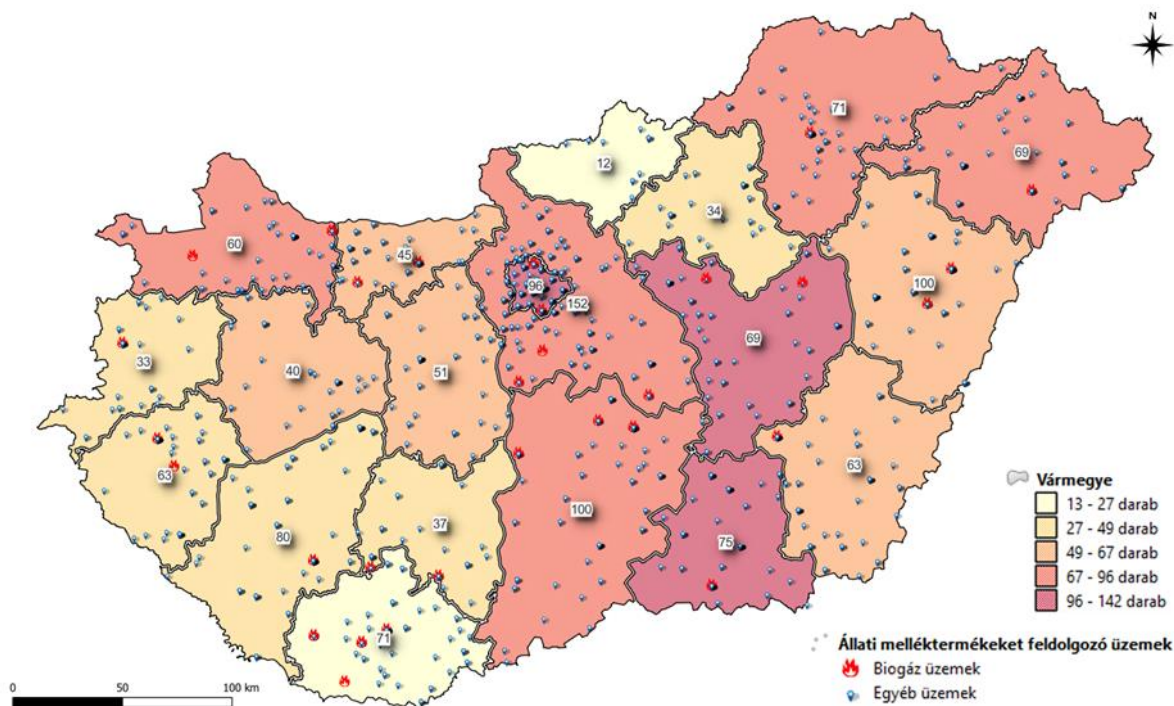
Az 3. ábra a nagylétszámú (A kormányhivatalok közleménye szerint azokat az újonnan létesítendő állattartó telepeket kell nagy létszámú állattartó telepként engedélyeztetni, ahol az elhelyezhető állatok száma állatfajonként legalább: 30 ló, 50 szarvasmarha, 200 juh vagy kecske, 100 sertés, 2000 brojler baromfi, 500 kifejlett baromfi, 50 strucc, 50 anyanyúl és szaporulata, a napi 10 t feletti kapacitású takarmánykeverő és a 100 000 tojást meghaladó kapacitású keltető nagy létszámú állattartó telepnek minősül) állattartók telephelyeinek településeit (háromszögek) mutatja, s azok számát vármegyénként 2022-ben. A térképről leolvasható a telephelyek térbeli „sűrűsége” is. A nagylétszámú állattartó telepek a legfontosabb forrásai a nagymennyiségű trágyának, ezért rendkívül lényeges őket figyelembe vennünk. Habár vármegyei szinten – nem meglepő módon - Bács-Kiskun vármegyében, a legnagyobb területű vármegyében találjuk a legtöbb telepet, azok térbeli eloszlása itt viszonylag egyenletes. Térbeli koncentrációkat főként Győr-Moson-Sopron, Vas, Zala és Baranya vármegyékben láthatunk, amelyek fontos tényezők lehetnek a nagy mennyiségű biogáz alapanyag keletkezése és méretgazdaságos felhasználása szempontjából. A jövőbeni tervezést illetően konkrét számadatok felhasználásával fontos lenne azonosítani azokat a területeket, amelyek folyamatosan, nagy mennyiségben, jó minőségben állítanak elő trágyát vagy más releváns biogáz alapanyagot. E feladat során kiemelt szereppel bírhatnak a területi koncentrációk.

3. ÁBRA: A NAGYLÉTSZÁMÚ ÁLLATTARTÁS TELEPHELYEI VÁRMEGYÉNKÉNT, 2022 (FORRÁS: NÉBIH, 2023)



A 4. ábra az állati melléktermékeket feldolgozó üzemek, köztük a már meglévő biogáz üzemek településeit jeleníti meg. Az üzemek összesített száma alapján Pest, Bács-Kiskun és Hajdú-Bihar vármegyék kiemelkedők (amelyekben a nagylétszámú állattartás is kiemelkedő, lásd az előző ábrát), ám az ország szinte minden pontján találunk ilyesféle tevékenységet folytató vállalatot. Ha csupán a biogáz üzemek léte szempontjából vizsgáljuk a térképet, már lényegesen kevesebb település jelenik meg. Pest és Baranya vármegyékben találjuk a legtöbb üzemet, de néhány vármegyében, ahogyan Veszprémben, Nógrádban és Hevesben egyet sem láthatunk. Ennek fényében érdemes lehet megvizsgálni, hogy a biogáz szempontjából üres vármegyékben lehet-e, vagy éppen, hogy nem lehet létjogosultsága ilyen beruházásnak. Természetesen az is előfordulhat, hogy az üresnek hitt területeken működik biogáz üzem, de az nem állati mellékterméket hasznosít. Újabb, jól működő üzemek tervezéséhez a meglévők fontos tanulsággal szolgálhatnak. Segítségükkel azonosíthatjuk a legfontosabb telepítési tényezőket és a vonatkozó anyagáramok alapján megállapíthatjuk, hogy a térség (az alapanyagot szolgáltató tevékenység) képes-e kiszolgálni egy újabb biogázüzemet a környezeti és gazdasági fenntarthatósági feltételek biztosítása mellett.

4. ÁBRA: ÁLLATI MELLÉKTERMÉKEKET FELDOLGOZÓ ÜZEMEK ÉS TELEPEK SZÁMA VÁRMEGYÉNKÉNT 2022
(FORRÁS: NÉBIH, 2023)



Az élelmiszerfeldolgozó vállalatok tevékenységenkénti és településenkénti eloszlását láthatjuk a 5. ábrán. Ezek a potenciálisan biogáz-alapanyagot termelő vállalatok az ország szinte teljes területét lefedik, ám egyes vármegyékben jelentősebb a koncentrációjuk (pl. Pest, Baranya, Győr-Moson-Sopron, Szabolcs-Szatmár-Bereg).

5. ÁBRA: ÉLELMISZERFELDOLGOZÓK, 2022 (FORRÁS: NÉBIH, 2023)



IV. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / ALACSONY KOCKÁZATÚ FORRÁSOK / ÉLETTARTALMUK VÉGÉT ELÉRŐ FATERMÉKEK

Magyarországon az elsődlegesen már feldolgozott fatermékek vonatkozásában, amelyek esetében az elsődleges feldolgozás nem energetikai célra történő hasznosítást szolgál (pl.: hengeres energiafából energetikai apríték készítése), a keletkező melléktermék, vagy funkcióját veszített termékek energetikai célra hasznosítható része két fő csoportra bontható. Az egyik a faanyag (hengeres faanyag választékok: különböző minőségű rönk választékok, kivágás, fagyártmány fa, stb.) elsődleges és másodlagos faipari feldolgozása során keletkező energetikai célra hasznosítható melléktermék: pl.: fűrészpor, forgács, csiszolatpor, darabos eselék, széldeszka, bőrdeszka, stb., a másik a különböző funkcióját veszített fatermékek hulladék formájában történő megjelenése.

Magyarországon még nem alakultak ki a nyugati országokban már hagyománnyal rendelkező faudvarok, amelyek fő feladata a különböző lakossági és ipari fahulladékok átvétele, gyűjtése, majd további hasznosítás céljából történő értékesítése (erőműveknek eltüzelésre, vagy tovább feldolgozóknak, mint pl.: forgácslapgyárak számára „recycling” alapanyag céljából). Hazánkban jelenleg a kommunális hulladékban megjelenő faanyagokat a hulladékfeldolgozók igyekeznek kivonni, külön kezelni, de ezek minősége, mennyisége, és diszperzitása miatt nem vehető figyelembe, mint energetikai alapanyag. Azon cégek, amelyek egy vagy több nagy ipari feldolgozó hulladékát kezelik, jelentős mennyiségben gyűjtenek be, majd különítenek el fa hulladékot, mint pl.: csomagolási hulladékot. Ezen cégeknek ezen hulladékokat anyagában kell hasznosítaniuk, és ennek megfelelően előkezelőnek, vagy hasznosítónak kell értékesíteni, amely során a faanyag teljes életpályája transzparens, végig követhető kell hogy legyen. A hulladékok kezelésére vonatkozó tendert a következő 35 évre a MOL Nyrt. nyerte meg, akinek nem célja ezen faalapú csomagolási hulladékok energetikai célra történő hasznosítása, lobby érdekeknek megfelelően ez az anyag hasznosítóknak fog menni, további feldolgozásra kerül. Mindezek alapján az energetikai célra hasznosítható fatermékek közül a faipari feldolgozás során keletkező melléktermékeket lehet figyelembe venni, mint jövőbeni alapanyag-forrást.

3. TÁBLÁZAT: A FAIPARI FELDOLGOZÁS SORÁN AZ 1 M³ HENGERES FÁRA VETÍTETT HULLADÉK MENNYISÉGE (SAJÁT SZÁMÍTÁS ALAPJÁN) (%)

Faipari feldolgozás jellege	Keletkező hulladék (%)
Fűrészipar (I,II,III. osztályú anyagok figyelembe vételével)	35-45
Bútoralkatrész-gyártás	60-80
Ajtó-ablak gyártás	55-70
Furnérgyártás	50-60
Rétegelt lemez gyártás	55-65
Forgácslapgyártás	~5

Az egyes faipari feldolgozások során keletkező különböző melléktermékek esetében azon feldolgozási melléktermékeket vehetjük figyelembe a jövőbeni energetikai hasznosíthatóság szempontjából, amelyek elégetése esetén nem keletkeznek veszélyes anyagok, azaz ragasztott, vagy bármely vegyi anyaggal kezelt termék nem vehető számításba. Megjegyezzük, egyes nyugati országokban, mint pl.: Németországban erőművi szinten a közelmúltig égettek a Recycling-ot / Altholz-ot, de olyan fejlett szűrő berendezéseket alkalmaztak/alkalmaznak ezek égetése esetén annak érdekében, hogy az EU-s emissziós normákat be tudják tartani, amelyek a hazai erőművi alkalmazásokban nem találhatók meg. A másodlagos faipari feldolgozás során keletkező vegyi anyaggal nem terhelt melléktermékeket jellemzően már helyben hasznosítják, így ezzel nem számolunk.

A magyarországi hengeres faanyag feldolgozására vonatkozó adatokat a FAGOSZ gyűjtött, és dolgozott fel. A 2021-es évre vonatkozó adatokat dolgoztuk fel. A felmérésben az egyes rönkfeldolgozó cégeket kérdezték meg kérdőív formájában, és a ~250 rönk feldolgozással foglalkozó cég közül, melyek a hazai rönkfeldolgozás ~95%-át teszik ki, 210 szolgáltatott adatot. Az egyes vármegyékre vonatkozó feldolgozott faanyag-mennyiségek ezen adatbázisokból kerültek meghatározásra.

6. ÁBRA: AZ EGYES HENGERES FA FELDOLGOZÓ ÜZEMEK, 2021 (FORRÁS: FAGOSZ)



4. TÁBLÁZAT: A FELDOLGOZOTT RÖNK MENNYISÉGE AZ EGYES VÁRMEGYÉKBEN 2021-ES ÉVBEN

Vármegye	Feldolgozott rönk - m ³
Bács-Kiskun	263 500
Baranya	14 840
Békés	31 600
Borsod-Abaúj-Zemplén	29 300
Csongrád-Csanád	5 750
Fejér	10 350
Főváros	26 230
Győr-Moson-Sopron	41 700
Hajdú-Bihar	22 050
Heves	3 820
Jász-Nagykun-Szolnok	189 020
Komárom-Esztergom	2 200
Nógrád	24 750
Pest	124 175
Somogy	100 460
Szabolcs-Szatmár-Bereg	154 210
Tolna	10 950
Vas	86 250
Veszprém	51 660
Zala	107 204
Végösszeg	1 300 019

A feldolgozáson belül az egyes főbb fafaj-csoportok aránya az alábbiak szerint alakult:

- Kemény lomb: 30,50%
- Lágylomb: 49,24%
- Fenyő: 20,26%

Megvizsgáltuk a különböző szakirodalmakat az egyes fafajok fűtőértékére vonatkozóan. A számításainknál azonban a gyakorlati laboratóriumi mérési adatokat vettük alapul. Az egyes fafajok abszolút száraz tömegre vonatkoztatott energiatartalma közel azonos, így a megfelelő rátartás, és az egyszerűbb követhetőség végett lefelé kerekített abszolút száraz tonnával számolunk.

A gyakorlati értékeink alapján az általunk meghatározott egyes fafaj-csoportok átlag fajsúlya az abszolút száraz tömegre:

- Kemény lomb: 0,653 abszolút száraz tonna / m³
- Lágylomb: 0,523 abszolút száraz tonna / m³
- Fenyő: 0,477 abszolút száraz tonna / m³

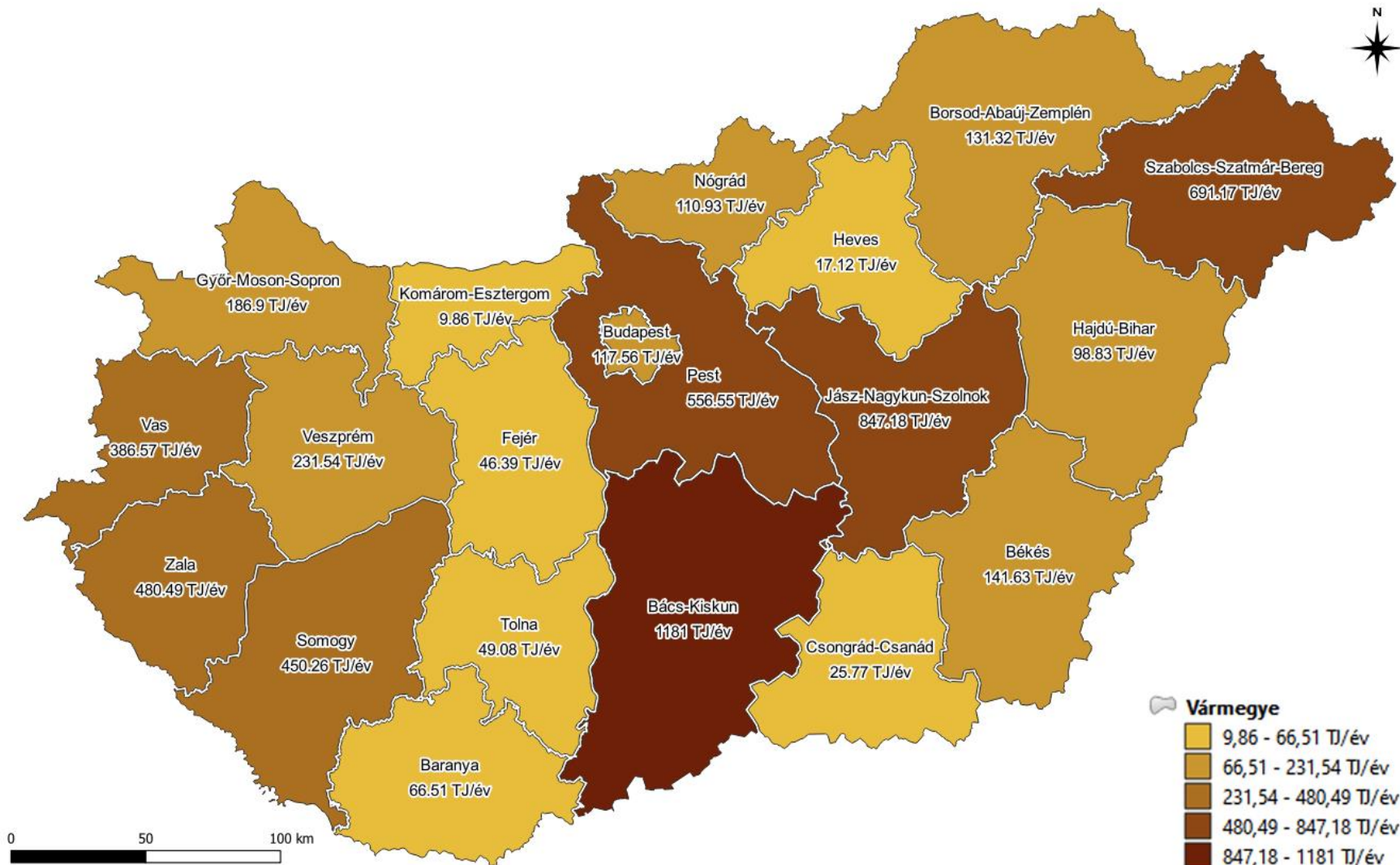
Az egyes fafaj-csoportok megoszlását vármegye szinten nem ismerjük, így sajnos azt kell feltételezni, hogy a korábbiakban megjelölt arány érvényes minden vármegyére, ami torzítja sajnos a számítást.

5. TÁBLÁZAT: AZ ELSŐDLEGES FAIPARI FELDOLGOZÁS SORÁN KELETKEZŐ FA MELLÉKTERMÉK ENERGIATARTALMA (FAFAJ-CSOPORT ARÁNYONKÉNT 45 % MELLÉKTERMÉKKEL SZÁMOLVA)

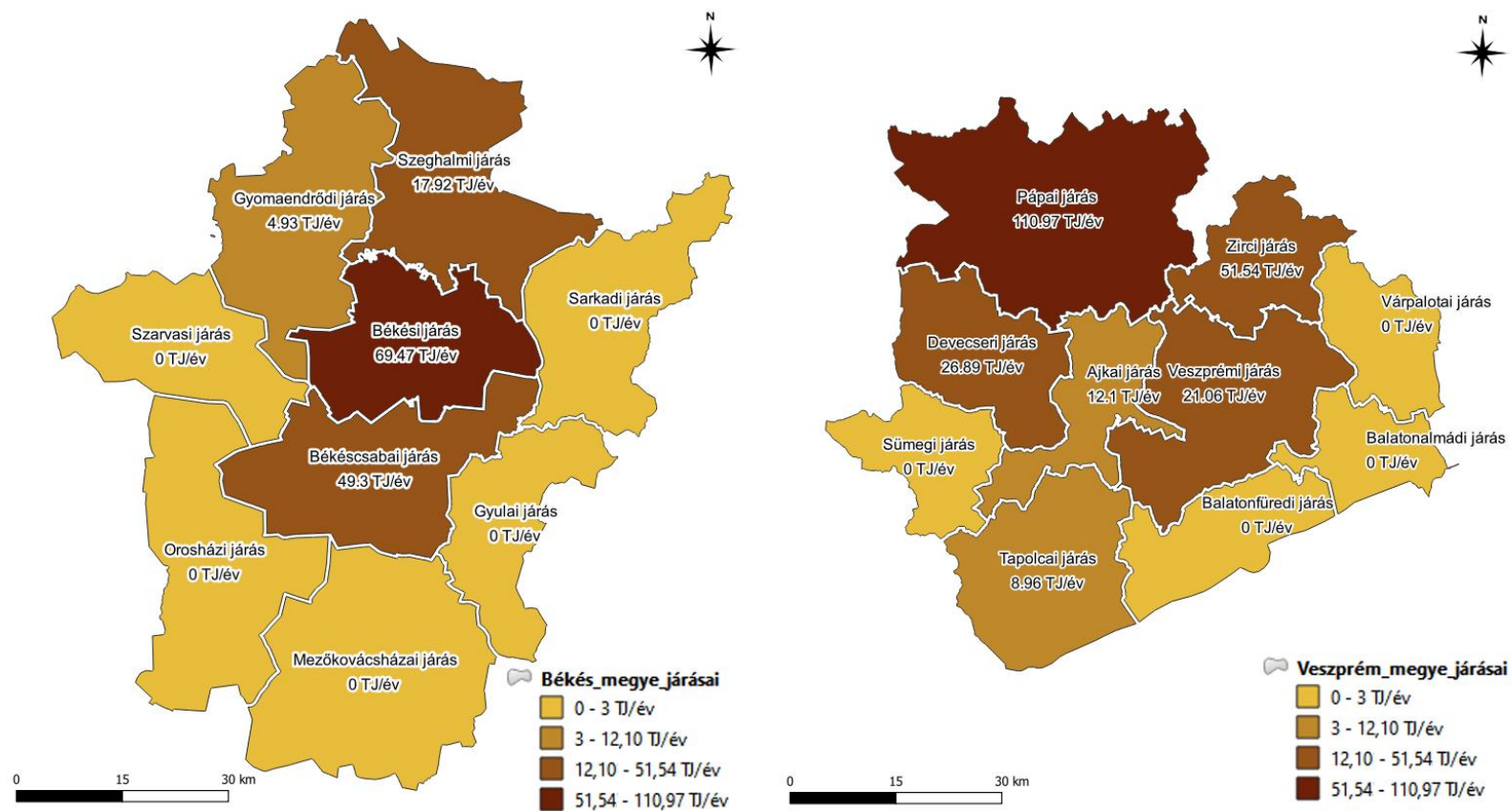
Vármegye	Energiatartalom TJ
Bács-Kiskun	1 181,001
Baranya	66,513
Békés	141,630
Borsod-Abaúj-Zemplén	131,322
Csongrád-Csanád	25,771
Fejér	46,388
Főváros	117,562
Győr-Moson-Sopron	186,898
Hajdú-Bihar	98,828
Heves	17,121
Jász-Nagykun-Szolnok	847,183
Komárom-Esztergom	9,860
Nógrád	110,929
Pest	556,549
Somogy	450,259
Szabolcs-Szatmár-Bereg	691,166
Tolna	49,078
Vas	386,570
Veszprém	231,539
Zala	480,486
Végösszeg	5 826,654

Országos szinten az elsődleges faipari feldolgozás során ~5,8 PJ energiatartalmú fa melléktermék keletkezik különböző formában, amely energetikai célra is hasznosítható.

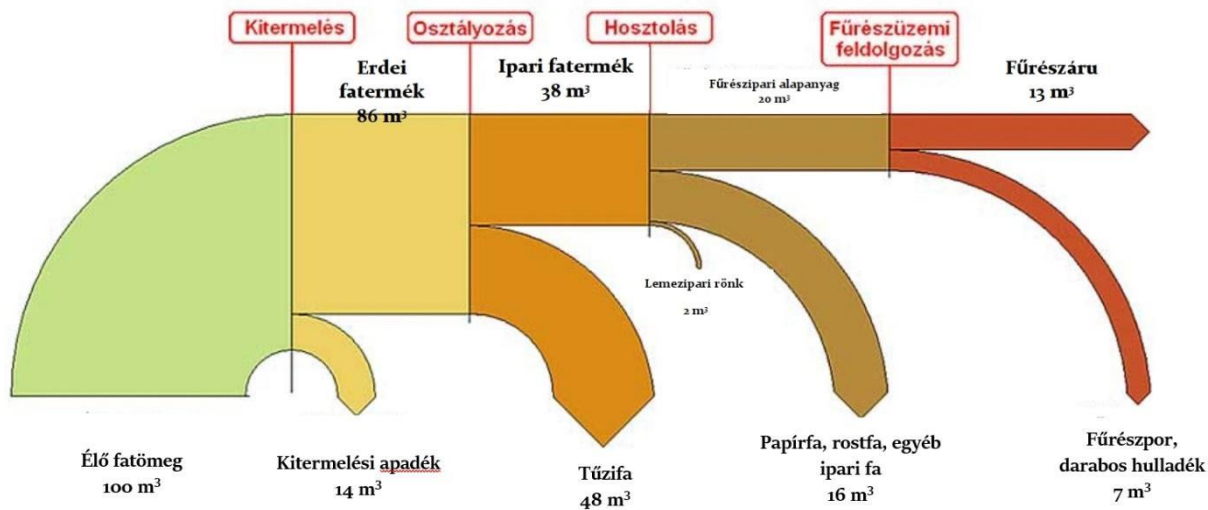
7. ÁBRA: AZ ELSŐDLEGES FAIPARI FELDOLGOZÁS SORÁN KELETKEZŐ FA MELLÉKTERMÉK ENERGIATARTALMA MEGYEI MEGOSZLÁSBAN (TJ)



8. ÁBRA: AZ ELSŐDLEGES FAIPARI FELDOLGOZÁS SORÁN KELETKEZŐ FA MELLÉKTERMÉK ENERGIATARTALMA BÉKÉS ÉS VESZPRÉM VÁRMEGYÉKBEN JÁRÁSI MEGOSZLÁSBAN (TJ)



9. ÁBRA: AZ ERDŐGAZDÁLKODÁS SORÁN KITERMELÉSRE KERÜLŐ FAANYAG HASZNOSULÁSA ÁLTALÁBAN



**V. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK
MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / MAGASABB KOCKÁZATÚ FORRÁSOK,
FENNTARTHATÓSÁGI KRITÉRIUMOK ALKALMAZÁSÁVAL / MEZŐGAZDASÁGI
MELLÉKTERMÉKEK - SZALMA, SZŐLŐVÉNYIGE**

V.1. ALAPISMERETEK, ALAPADATOK, SZAKIRODALMI FELDOLGOZÁS

V.1.1. A szalma energetikai célú mennyisége, tulajdonságai és hasznosítása

A szalmán a növény termés nélküli szárát és levélzetét értjük. Közös jellemzőjük a nagy nyersrost tartalom (nagy cellulóz tartalom), alacsony fehérje-, zsír- és vitamintartalom. Különböző feltáró technikákkal (nátrium-hidroxidos, ammóniás feltárással) a lignin-cellulóz kötés széttörhető, így a cellulóz és a többi táplálóanyag emészthetősége javítható. A szalmafélekét elsősorban kérődzőkkel etetik, csak kisebb napi adagokban.

A növénytermesztésben a legnagyobb tüzelőanyag-tömeget a kalászosok, a búza, a rozs, az árpa, a zab, a triticales, stb., szalmája adja. A megtermelt szalma mennyiségének azon része hasznosítható energetikai célra, amely az állattartásra, az ipari felhasználásra, az egyéb célra és a talajerő pótlásra előirányzott mennyiség levonása után megmarad.

A szalma energetikai célú hasznosítása során a felhasználási forma, a betakarítható hozam, illetve a kémiai és egyéb tüzelés technikai tulajdonságok meghatározóak. A szalma felhasználási formája a következő lehet:

- bálázva, közvetlen eltüzeléssel,
- bontott és aprított formában való eltüzelés,
- vagy tömörítvény (biobrikett, biopellet) formájában értékesítve, illetve erre alkalmas berendezésben hasznosítva.

A betakarítási hozam nagymértékben függ a klímától, a termőhelytől, a fajtától. Ez alapján az átlagos szalma hozam kb. 1,5-4,5 tonnára adódik hektáronként, évente.

A biztonsággal megtermelhető szalma átlagos tömegéből le kell vonni a különböző mezőgazdasági (almozásra, takarmányozásra, talajerő visszapótlásra, stb.), ipari (gombatermesztés, brikettálás, stb.) és egyéb célokra (exportra, takarmányozásra, stb.) általában felhasznált mennyiségeket.

A Magyarországon megtermelt szalma mennyisége kb. 3,5-4,5 millió tonna, amelyből le kell vonni 1,5 millió tonnát almozásra, 0,15 millió tonnát ipari célra, valamint 0,25 millió tonnát egyéb célra. Tehát hazánkban energetikai (talajerőutánpótlást még nem figyelembe véve) célra kb. 1,5-2,0 millió tonna szalma áll rendelkezésre, melynek energiatartalma kb. 24,5-28 PJ közötti.

A statisztikai adatok szerint a szalmának a gazdaságok 50-60 %-át takarították be valamilyen formában, a többi a tarlón elégetésre vagy beszántásra került. A betakarított mennyiség törvényszerűen csökkenő tendenciát mutat az elmúlt időszakban, mivel az alomanyag az állatállománynak szükséges, ami drasztikusan lecsökkent az elmúlt 10 évben. Egyes vélemények szerint a beszántás, mint talajerő visszapótlás lenne a hasznosítás legjobb formája, erre fent utaltunk már. Más vélemények szerint viszont a nagy cellulóz tartalmú anyag talajba juttatása káros, ún. szénhidrát hatást válthat ki, amely csak nagy mennyiségű nitrogén műtrágya kiszórásával ellensúlyozható. A betakarítható szalma mennyiségéről és a nitrogén műtrágya hozzáadás elhagyhatóságáról részletesebben írunk a 33. oldalon.

A búzaszalma betakarítás-kori nedvességtartalma 10-20 százalék, ami viszont tárolás után 13-15 %-ra csökken. A búzaszalma átlagos fűtőértéke 18 %-os nedvességtartalomnál 13,5-14 MJ/kg.

A különböző gabonafélék (őszi búza, rozs, őszi árpa, triticales, stb.) melléktermékeinek, elsősorban szármaradványainak (szalmának) a hasznosítása jelenleg kb. 30-40%-ban almózásra, kb. 10-15 %-ban ipari és egyéb célra történik, a további hányad, pedig a tarlón elégetésre és beszántásra kerül.

V.1.2. Kukoricaszár, kukoricacsutka

A szántóföldeken az egyik legnagyobb mennyiségben a kukorica melléktermékei keletkeznek. Az évente Magyarországon keletkező kb. 5-6 millió tonna melléktermék 90 %-a szár és a levél, kb. 10 %-a a kukoricacsutka. Ez alapján a kukoricaszár mennyisége évente 4,5-5,4 millió tonna, a kukoricacsutka mennyisége pedig 0,5-0,6 millió tonna. A száraz csutka minden augusztustól decemberig keletkezik a vetőmag üzemekben. A csutka fűtőértéke 15 MJ/kg, amely alapján az adott területen található kukorica melléktermékből számolható a kukoricacsutka energiatartalma.

A kukoricacsutka esetében a vetőmag előállításnál a főtermék betakarítása csövesen történik, így a csutka jól felhasználható hőenergia-termelésre, ugyanis a vetőmag szárítása csövesen történik, tehát a csutka is szárításra kerül. A keletkező nagy mennyiségű, 12-16 %-os nedvességtartalommal rendelkező csutka fedezi a vetőmag szárítás hőigényét.

A kukoricaszár mennyisége a legjelentősebb volument jelenti a melléktermékek közül (az elméletileg hasznosítható potenciál kb. 80-100 PJ/év). A tárolást és a hasznosítást a jelentős nedvességtartalom azonban annyira megnehezíti, hogy a jelenlegi gyakorlatban mint

tényleges potenciális energiát nem veszik figyelembe, pedig megfelelő fejlesztésekkel e jelentős mennyiség egy része az energiatermelésbe bevonható lenne. A megújuló energiák hasznosítását célzó K+F programok jelentős tényezője lehetne e nagy elméleti potenciál kiaknázásának technikai megalapozása is.

Ugyanakkor a kukoricaszár hasznosítás jelenleg legelterjedtebb módja a beszántás, amely a vetésterület kb. 93-94 %-án történik. A cellulózhatás elkerülése érdekében viszont a talajba nagy mennyiségű nitrogénműtrágyát is ki kell juttatni, ami jelentős mértékben növeli a költségeket.

Ezen kívül a leveles kukoricaszár tápértéke valamivel nagyobb, mint a gabonafélék szalmájáé, így akár takarmánykénti hasznosítása is előnyösebb lehet. A korán betakarított kukoricaszárból a kérődzők számára viszonylag jó minőségű siló készíthető. A nagybálákban betakarított kukoricaszár ballaszttakarmányként is számításba vehető. A különböző tények együttes hatására várhatóan a kukoricaszár 4-6 %-át fogják (szarvasmarhák tápanyagmixe alapján ennyi a jövőben tervezett igény, a jelenlegi szarvasmarha-létszám tendencia szerint) takarmányozási célra felhasználni.

Hőenergia nyereség céljaira - az új technológiákat is figyelembe véve, mint azt már az előbb is említettük - igen jelentős mennyiségű kukoricaszár állhat rendelkezésünkre. Azonban hangsúlyozni szükséges, hogy a közvetlen eltüzelésre való hasznosítást, a kukoricaszár magas, 40-65 %-os betakarításkori nedvességtartalma nagyon megnehezíti. (A nedvességtartalom nagysága függ a betakarítás időpontjától és a betakarításkori időjárástól.) Sajnos ez idáig még nem sikerült olyan technológiát kifejleszteni, amellyel a kukoricaszár nedvességtartalmát nagyobb ráfordítások nélkül, természetes úton 15-20 %-ra lehetne csökkenteni.

Viszont a szántókon való tárolás a természetes száradást elősegíthetné, így a nedvességtartalom lecsökkenhet 30-35 %-ra, amely az energetikai hasznosítást elvben lehetővé teheti, de a rothadás jelentős kockázati tényező, ami csak megfelelő izolációval lenne megelőzhető.

Jelenleg a kukoricaszárat egyéb tüzelőanyagokkal keverve tüzelik a legtöbb helyen. Újabban a szár megszárításával és tömörítésével (pelletálással, briketálással) próbálkoznak. Így nemesített, jó minőségű, akár lakossági célra is használható tüzelőanyagot nyerünk, de jelenleg még igen drágán.

V.1.3. Napraforgószár és repceszalma

A repcét és a napraforgót a növényolaj-ipar számára termelik. A repce- és a napraforgóolaj hajtóanyagkénti felhasználása kutatás-fejlesztés alatt áll. A napraforgó mag feldolgozásakor keletkező magháj kiváló tüzelőanyag. A növényolajgyárak a napraforgóhéjat általában saját célra létesített kazánjaikban tüzelik el, hő- vagy villamos energia előállítására.

A repce termesztése során keletkező betakarítható szalma mennyisége 1-1,2 tonna/ha, amelynek bálázása lehetséges tüzelési célú hasznosításra. A repceszár nedvességtartalma 10-20 % közötti és kiváló tüzelőanyag. A potenciálisan rendelkezésre álló repceszalma mennyisége energetikai célra 100 ezer tonna/év, mintegy 90-100 ezer ha vetés területéről. A repceszalma fűtőértéke 14-15 MJ/kg. Az előállítható energia 1-1,8 PJ/év. A repceszalma mennyiségét a szalmaféléknél már figyelembe vettük, de energetikai jelentősége miatt szükséges volt kitérni az egyes jellemzőire.

A kb. 300 ezer ha-on termelt 579 ezer tonna napraforgómaghoz 1:2 szem-szár arány alapján 1.140 ezer tonna szár és 580 ezer tonna tányér becsülhető melléktermékként.

A szántóföldön évente képződő melléktermék a napraforgószár és tányér is. Jelenleg a teljes szármennyiséget összezúzzák és beszántják, holott ez a betakarítás után aránylag alacsony nedvességtartalmú lenne. A napraforgószár betakarítása már teljesen megoldott, technológiája lényegében megegyezik a kukoricaszáréval. A jelenlegi módszerekkel a szárnak és a tányérnak kb. 50 %-a lenne visszanyerhető és ez jelentős hőenergia forrást képviselne.

A betakarításkor mért 30-40 %-os nedvességtartalom a tüzelési célú felhasználás szempontjából szintén kedvező, bár mint potenciál jelentős mennyiséget képviselhet (kb. 4-5 PJ/év). Az energia célú felhasználást célzó fejlesztések tekintetében a kukoricaszárral együtt lehet kezelni abból a szempontból, hogy a betakarítási technológia, frakcióeloszlás, eltüzelés módja hasonló.

A potenciálisan felhasználható napraforgóhéj mennyisége 80-85 ezer tonna/év, amelynek 90 %-át jelenleg is eltüzelik, illetve ipari célokra hasznosítják. A magháj fűtőértéke magasabb, mint a száré, 17-17,5 MJ/kg. Az előállítható energia kb. 1-1,5 PJ/év.

Bár a repce termesztése során keletkező, betakarítható szalma mennyisége nem rendelkezik akkora potenciállal, mint a kukorica esetében, de bálázása lehetséges, tüzelési célú véghasznosításra.

V.1.4. Lehetőség az energetikai célú, mezőgazdaságból származó lignocellulóz potenciál növelésére: energianövények termesztése, termelése

Az energiatermelésre számításba vehető növények száma szinte korlátlan, hiszen lignocellulózként mindegyik alkalmas a környezetbarát energiatermelésre a napenergia megkötése révén, és a zárt CO₂-körforgalom előnyeinek megjelenése mellett.

Az energianövények közötti választás jelenleg legfontosabb szempontjai a következők:

- Többféle termesztési technológia megvalósítása váljon lehetővé,
- Egy már jól kialakult nemzetgazdasági ágazat technológiai és műszaki megoldásai legyenek hasznosíthatók,
- Legyen megoldás az intenzív és az extenzív termesztési és hasznosítási technológiák alkalmazására,
- A lehető legkülönbözőbb termőhelyi viszonyokra lehessen választani közülük.

Ezen igényeket figyelembe véve hazánkban a következők szerint célszerű az energianövényeket csoportosítani:

- Lágyszárúak:
 - Egynyári,
 - Évelő.
- Fás szárúak:
 - Sarjzattatásos,
 - Újratelepítéses.

Azon túlmenően, hogy az ültetvények produktuma ipari és energiatermelési célra is felhasználható, az energiaültetvények létesítésének számos más előnyös tulajdonsága is van, pl.:

- Az ültetvények alkalmasak lehetnek elhagyott mezőgazdasági területek rekultivációjára, a talajban felhalmozódott N és P vegyületek eltávolítására.
- Ott, ahol a talajban felhalmozódnak az élőlényekre káros elemek, vegyületek (pl. a veszélyes hulladéktárolók közelében) és ezért az élelmiszeripari termelés nem engedhető meg, energiaültetvényt lehet létrehozni.
- A meglévő CO₂ egy részét rövid ciklusban, egy részét tartósan megkötve az üvegházhatást csökkentik.
- Az ültetvény új munkahelyeket teremt.

A jövőben így számolni kell a jelenleg mezőgazdaságilag nem hasznosított mezőgazdasági területek hasznosításával, célirányosan energianövény-termesztéssel, mint alternatív hasznosítással, amely az energiatermelő ágazat alapanyagbázisának jelentős növekedését biztosíthatja.

V.2. ANYAG ÉS MÓDSZER (ALAPADATOK ÉS SZÁMÍTÁSOK)

V.2.1. Növénytermesztési adatok elemzése és meghatározása

Az elérhető legpontosabb számítás érdekében feldolgozásra került az összes hozzáférhető adat, illetve figyelembe lett véve az összes számítható, keletkező szalma mennyiségét befolyásoló, tényező.

A mezőgazdasági növénytermesztés során a különböző növényfajtákat vetésforgóban termesztik, ami azt jelenti, hogy adott területen bizonyos időközönként, és sorrendben más-más növényt kell termesztetni tápanyag-gazdálkodási, növényvédelmi, stb. okokból. A vetésforgóból adódóan, illetve a piaci körülmények változásából adódóan egy vármegyében, járásban évről-évre változik egy adott növényfajta a betakarított terület mérete. A növények átlag-termésmennyisége is eltérést mutat az egyes térségek, vármegyék között. Ezekből következik, hogy a keletkező szalma mennyiségét alapvetően a betakarított terület mérete, illetve a területre jellemző termésátlag határozza meg. Ennek megfelelően vizsgáltuk a kalászosok: búza, durumbúza, rozs, triticales, őszi árpa, tavaszi árpa, zab, illetve a kukorica, napraforgó, és repce jellemző betakarított terület mértékét, és az átlagos termésmennyiségeket.

Adatokat gyűjtöttünk és dolgoztunk fel az elmúlt 25 évre vonatkozóan a Központi Statisztikai Hivatal nyomtatott, illetve elektronikus kiadványaiból, adatbázisaiból, illetve adatokat kértünk a részleteiben vizsgált térségek Falugazdász-központjaitól is mind a betakarított terület, mind az átlagos termés mennyiségére vonatkozóan. Az összegyűjtött adatokat rendszereztük és elemeztük.

Elemzésre kerültek az egyes növényfajtákra a betakarított területek, és a termésátlagok változása, amely szerint a betakarított területek változása az elmúlt 25 évre vonatkozóan kalászosoknál 16,4 % ingadozást mutatott, a kukorica esetében ez az érték 10,8 %, napraforgónál 17,4 %, repcénél pedig 38,5 %. A kalászosok esetében a 16,4 % ingadozás a kalászosok által szolgáltatott szalmában nem jelent a betakarított területből adódóan 16,4 %-nyi változást, mivel ezek részben egymás között cserélik a területeket a vetésforgó miatt, amikor is sok esetben valamilyen kalászos, valamilyen másik kalászos vált az adott területen. A kukorica, napraforgó, és a repce esetében ezek az ingadozások ténylegesen megjelennek a keletkező szár mennyiségében is.

A termésátlagok vizsgálata szerint az elmúlt 25 év átlagát tekintve a kalászosoknál 18,8 %, kukoricánál 20,3 %, a napraforgónál 16,6 %, és a repcénél 22,6 % ingadozással lehet számolni.

Az átlagos termés, illetve betakarított terület ingadozása (kalászosnál 8 %-os értéket figyelembe véve az egymás közötti területcserék végett), és az átlagos szem-szalma arány alapján a kalkulált szalma-mennyiségekben kalászosok tekintetében **legkedvezőtlenebb** esetben 25,3 % eltérés lehet. A kukoricánál ez az érték 28,9 %, napraforgónál 31,1 %, és repcénél 52,2 %.

Meghatároztuk járasonként, majd vármegyéenként-járasonként az egyes növényfajták betakarított területét. Itt a KSH adatbázis, a Falugazdász-központok által szolgáltatott adatok, illetve a szántó-területi adatok kerültek feldolgozásra.

Szakirodalmi források alapján minden egyes növényfajtahoz meghatározásra került a szem-szalma (szár) arány, amely segítségével a keletkező szalma mennyiségének meghatározásánál figyelembe tudtuk venni a térségenként eltérő termés-, ennek megfelelően szalma-mennyiséget.

Szakirodalmi források alapján meghatározásra került, hogy a keletkező szalma mekkora része takarítható be technológiailag.

A betakarított területi értékhez az adott területre jellemző termésmennyiség (t/ha), szem-szalma (szár) arány, és a technológiai betakaríthatóság mértéke lett hozzárendelve. Mindezek figyelembevételével meghatározásra került járasonként, és vármegyéenként-járasonként a betakarítható szalma, illetve szár mennyisége minden egyes növényfajta.

Az adatok célszerűen összegzésre kerültek, ennek megfelelően külön kimutatásra kerül a kalászosok esetén betakarítható szalma mennyisége, illetve a kukorica, napraforgó, repce esetén a betakarítható szár mennyisége.

A betakarítható szalma mennyiségét csökkentettük az egyéb felhasználásra kerülő mennyiséggel, és az állattartás szalma igényével, így meghatározható a ténylegesen energetikai célokra hasznosítható mennyiséget. Az egyéb felhasználás az ipari célú igények, szalmacell üzemek igénye, brikettálás igénye, gombatermesztésre, stb. jutó mennyiséget, és az egyéb értékesítés, pl.: export, takarmányozás, egyéb célú mennyiségeket jelenti.

Az elmúlt 5-10 év gyakorlata alapján a mezőgazdasági termelők abban az esetben gyűjtik a szalmát, és ennek megfelelően bálázzák, ha közvetlen, vagy közvetett állattartásban érdekeltek, és ott a szalma hasznosul. Aki saját maga állattartással is foglalkozik, az a saját igények kielégítésére a szalmát gyűjti, bálázza. Sok esetben gazdálkodók más, állattartással foglalkozó gazdálkodónak szerves trágyáért cserébe gyűjtik, és adják át a szalmát. Mivel egyéb jelentősebb mértékű hasznosításra jelenleg alacsonynak tekinthető az igény (azt feltételezzük, hogy az erőművi szalmatüzelés nem nőtt az elmúlt években, az állattartás

nagy mértékben csökkent, főként a háztáji hagyományos technológiákkal működő kis gazdaságok száma is csökkent), így az elmúlt években a kialakult technológia az lett, hogy a betakarításnál eleve olyan adapterekkel dolgoznak, amely a szalmát-szárat rögtön szecskázza, és a területen szétszórja. Ez a műtrágya felhasználást nem csökkenti, nem helyettesíti azt részben sem, azonban a talaj levegő-, víz- és tápanyag-háztartására jó hatással van. A tapasztalatok alapján a plusz nitrogén műtrágya hozzáadásának elhagyása jelentősebb problémákat nem okoz, csak ezen növényi részek lebomlása lesz lassúbb. Abban az esetben, ha lenne gazdasági érdek ezen szalma-szár összegyűjtésére, akkor annak minden harmadik (akár minden második) évben történő összegyűjtése és területről történő lehordása sem okozna problémát, azaz az előbb említett talaj víz-, levegő- és tápanyag-háztartására gyakorolt pozitív hatása nem maradna el.

Külön foglalkoztunk az AKG (Agrár-környezetgazdálkodás) alá vont területekkel is. Országos szinten járási mértékben meghatároztuk ezen AKG alá vont területek mértékét, és ezen területeken egyáltalán nem számoltunk szalma-szár potenciállal, mivel ezen rendszerben a gazdálkodók plusz pontot kapnak, ha a szalmát-szárat nem hordják le a területről.

Mindezek függvényében az energetikai célokra hasznosítható mezőgazdasági melléktermékek tekintetében:

- meghatároztuk a teljes potenciált,
- meghatároztuk az állattartás szalma igényét, amivel a teljes potenciált csökkentettük,
- meghatároztuk az AKG alá vont területeket, amivel az elérhető potenciált tovább csökkentettük,
- és a kapott érték 33 %-át vettük csak figyelembe a gyakorlatban elterjedt visszaforgatás miatt.

Meghatározásra került az energetikai célokra hasznosítható szalma, illetve szár energiatartalma a betakarításkor jellemző (kalászosok, repce esetén 10-20 %, kukorica esetén 40-65 %, napraforgó esetén 30-35 %) nedvességtartalom mellett, szakirodalmi fűtőérték adatok alapján.

Meghatározásra kerültek a szállítási igények körzetenként külön a kalászosok szalmájára, illetve az összes elérhető szalmára és szárra tkm mértékegységben. A szállítási távolságok meghatározásánál a közúton történő szállítási lehetőségeket adtuk meg az egyes járások logisztikai-gravitációs középpontjától. Mivel a leendő szállító-gépjármű tengelyterhelésére, illetve a rakomány magasságára vonatkozóan nincs információnk, így a szállításban adódó lehetséges korlátok (hidak, átjárók max. teherbírása, max. áthaladási magasság) nincsenek figyelembe véve.

V.2.2. Állattenyésztésben felhasznált növénytermesztési melléktermék adatok elemzése és meghatározása

Az állatállomány számának meghatározása az elmúlt 25 év adatai alapján történt meg KSH statisztikai adatbázisok alapján. Az adatok vizsgálatánál megállapítottuk, hogy a szarvasmarha-állomány számának a változásában a vizsgált időszakra vonatkozóan 12,4 %-os ingadozásra lehet számítani hosszú távon, míg ez az érték a juhállománynál 17,4 %, sertésállománynál 24,4 %, és tyúkféle állományánál 21,0 %.

Az egyes állatfajok éves szalmafelhasználása szakirodalmi adatok, illetve erre vonatkozó tanulmányok alapján lett meghatározva, így a figyelembe vett értékek:

- szarvasmarha-állomány: 1,095 t/év egy állatra vonatkozóan,
(tehén, borjú, növendék üsző, hízóüsző, hízóbika, vemhesüsző
selejttehén szalma-igényének figyelembe vétele alapján)
- juhállomány: 0,200 t/év egy állatra vonatkozóan,
- sertésállomány: 0,100 t/év egy állatra vonatkozóan,
(tenyészkoca, szopós malac, választott malac, kocasüldő, hízósertés,
tenyészkan szalma-igényének figyelembe vétele alapján)
- tyúkféle állomány: 0,0015 t/év egy állatra vonatkozóan.

A sertésállományra vonatkozó adat 50 %-a az átlagos szalmaigénynek. A figyelembe vett értéket azért csökkentettük le a felére, mert jelenleg kb. 80%-ban hígtrágyás technológiát alkalmaznak a volt tsz-ek esetén a sertéstartásban. Ez az érték jelentősen csökkenni fog a jövőben a hígtrágyára vonatkozó környezetvédelmi előírások miatt, amelyek szerint az almos-trágya alkalmazása lesz a kötelező.

Elérhető adatbázisok alapján nem lehet pontosan megmondani, hogy a különböző tartásformák milyen arányban oszlanak meg az egyes területeken, ezt csak gazdaságonkénti adatgyűjtéssel lehet biztosítani. Ennek megfelelően a többi állatfajoknál is a szakirodalmi, illetve szalmafelhasználásra vonatkozó tanulmányok alapján meghatározott intervallum alsó határát alkalmaztuk a további számításoknál feltételezve, hogy a jelenlegi tartásformák egy része nem, vagy csak kisebb mértékben igényel szalmát (szarvasmarha-állomány esetén részben legelő alkalmazása, juhállománynál csak téli beálló alkalmazása, sertésnél hígtrágyás technológia, illetve batériás malacnevelés, tyúkállományfélénél ketreces tartás).

V.2.3. Szőlővenyige és gyümölcsfa nyesedék, mint energetikai alapanyag

A nagyüzemű szőlőültetvények évenkénti metszése során keletkező venyige mennyisége országosan jelentős (150-200 ezer tonna.) Ennek a nagyobbik részét ma még a szőlősorokból történő kihúzást követően a szabadban elégetik. Kisebbik részét pedig, ahol erre megvannak az eszközök, összezúzzák és a talajba keverik. A venyige viszonylag magas fűtőértéke miatt jól tüzelhető. A venyige apríték illetve a venyige bálák kazalban jól tárolhatók. A szőlővenyige a metszés során a tavaszi hónapokban keletkezik, február és április közötti időszakban. A venyige nedvességtartalma 26-36 %, átlagos fűtőértéke 12 MJ/kg. A keletkező venyige mennyisége 2,4-4,8 méter sortávú szőlőben – pl. Saszla, Rizling, Hárslevelű, Rizlingszilváni, Kékfrankos, stb. fajtákban – a mérések szerint 1,15-2,5 tonna/ha. Az átlagos mennyiség 1,5 tonna/ha. Az eddigi tapasztalatok szerint van lehetőség a venyige betakarítására bálázva és aprítva.

A gyümölcsfák ritkító metszése során évente valamivel kisebb, 4-5 évenként a felújítások során nagyobb mennyiségű nyesedék keletkezik. Évente átlagosan kb. 1,5-2 t/ha melléktermék keletkezik. A nyesedék fűtőértéke a venyigéhez hasonlóan viszonylag magas, és aprítva jól tüzelhető. A száraz körülmények között készített apríték kazalban jól tárolható.

Szőlővenyige, gyümölcsfa nyesedék betakarítása

Még az eddig tárgyalt melléktermékeknek a betakarítási technológiái nagyjából kialakultak, a betakarításhoz megfelelő hatékonyságú gépekkel rendelkezünk, addig a nyesedék és a venyige begyűjtés technológiájának kialakítása még most is folyamatban van. Alapvetően itt is két technológia ismeretes, a bálázós technológia és az aprítási eljárásokra alapozott technológia.

A bálázós betakarítás első sorban a szőlővenyigénél jöhet számításba. A gyümölcsfagallyak, vesszők bálázására történtek ugyan próbálkozások, de a nyesedékben előforduló 30 mm-nél vastagabb ágak bálázása nehézségekbe ütközött. A szőlővenyigénél tehát mindkét technológiát, a bálázósot és aprításost is alkalmazhatjuk. A kézi metszés során két-két szőlősorról lekerülő venyigéket a metszők középre dobálják, gépmetszés esetén pedig venyige-rendsodrókat alkalmaznak, amelyek a sorok alól a sorközökbe terelik a venyigét. A sorközben levő venyige a Class-Rollant típusú bálázóval bálázható. A bálák szállítása és tárolása a szalmaéhoz hasonlóan történhet.

A sorközökben heverő venyigét fel is apríthatjuk. Ez történhet rendfelszedővel felszerelt zöldsakarmány betakarító gépekkel, vagy speciális venyige, illetve nyesedék-aprítókkal. Ha



a sorközökben kisebb mennyiségű venyige keletkezik, akkor célszerű azt a sor végére kitolni és az aprítást itt alvégezni. Az apríték tárolása kazalban történik.

A gyümölcsfa nyesedék begyűjtése teljesen hasonló a szőlővenyige aprításos begyűjtéséhez. A metszés után itt is rendszerről terelik középre a lehullott nyesedéket és azt vagy a sorközben, vagy a sorvégén aprítják. A sorvégi aprítás esetén az erdészetben használatos aprítógépek is számításba jöhetnek. A nyesedék apríték tárolása szellőztető kürtőkkel ellátott kazalban oldható meg.

V.3. EREDMÉNYEK-ÖSSZEFOGLALÓ

V.3.1. Magyarország mezőgazdasági lignocellulóz mennyiségének és energiatartalmának elemzése

Magyarország teljes területére vonatkozóan csak a **kalászosok szalmáját** figyelembe véve a fentiekben meghatározott módszertan alapján **17,9 PJ** energia biztosítható évente, az energetikai célokra hasznosítható mennyiség teljes felhasználása esetén. Abban az esetben, ha a kalászosok szalmájához még a kukoricaszárból, napraforgószárból, illetve repceszárból kinyerhető energiamennyiséget is figyelembe vesszük, akkor **mindösszesen 83,7 PJ** energia is biztosítható évente.

A szőlőtermesztés során begyűjthető venyige energiatartalma országos szinten mintegy **2,5 PJ** értéket ér el. A későbbiekben célszerű a jó energetikai hasznosíthatóság végett a gyümölcsösök kezelése során keletkező nyesedék felmérését is elvégezni, mivel a szőlő venyige mellett ez is jelentős mennyiségben áll rendelkezésre.

Az állattartás szalmaigényét tekintve az a gazdálkodó, amely növénytermesztéssel, és állattartással is foglalkozik, a nála termelődő szalma állattartásra szükséges részét feltételezhetően felhasználja, a többit értékesíti, azonban csak növénytermesztéssel foglalkozó termelő a keletkező szalmáját a leendő „szalma-piacon” értékesíti, így az állattartásra szükséges mennyiség jelentős része is elérhető lehet megfelelő beszállítói-szerződésekkel, az állattartás hátrányára.

Figyelembe kell venni azt is, hogy az állattartásban az állatok száma az elmúlt 25 évben jelentősen csökkent, amely tendencia a jövőben várhatóan folytatódni fog, amely az Európai Unió állattartással szemben elvárt feltételeiből adódóan is következik, amelyeket egyre kevesebb kis és közepes állattartó tud biztosítani. Az állatállomány csökkenésével az állattartás szalmaigénye is csökkenni fog.

Véleményünk szerint célszerű kizárólag a kalászosok szalmájára, esetleg a repceszárra támaszkodni égetéssel történő energetikai alapanyag hasznosítás terén, mivel ezek megfelelő mennyiségben állnak rendelkezésre. Ezen alapanyagok mind a tüzeléstechnikai vonatkozásban, mind tárolástechnikai vonatkozásban a legkedvezőbbek. A kukoricaszár és napraforgószár a biogáz előállítás alapanyag lehet inkább.

6. TÁBLÁZAT: MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ SZALMA MENNYISÉGE VÁRMEGYÉNKÉNT

Vármegyék	Betakarítható (t/év)								Egyéb felhasználás (10 %)*	Állattartás szalma igénye (t/év)	Energetikai célokra hasznosítható szalma (t/év)	Energetikai célokra hasznosítható szalma (TJ/év)
	Búza	Durum-búza	Rozs	Triticale	Őszi árpa	Tavaszi árpa	Zab	Kalászos összesen				
	Melléktermék átlagos fűtőértéke (GJ/t)											
	13,5	13,5	13,6	13,5	13,6	13,6	13,6					
Bács-Kiskun	120 261	5 262	18 417	34 579	68 406	4 346	5 256	256 527	25 653	152 352	84 017	1 138
Baranya	109 144	3 382	1 281	5 924	45 216	6 143	3 423	174 513	17 451	72 473	84 589	1 146
Békés	258 440	1 510	477	8 958	70 266	13 434	10 598	363 683	36 368	111 543	215 771	2 924
Borsod-Abaúj-Zemplén	84 288	167	2 136	5 785	11 911	17 148	5 090	126 526	12 653	71 580	47 086	638
Csongrád-Csanád	121 151	3 632	13 443	15 927	50 208	7 228	9 327	220 917	22 092	85 555	113 270	1 535
Fejér	28 467	31 928	54 946	33 641	47 930	26 650	31 933	255 495	25 549	76 546	153 399	2 079
Győr-Moson-Sopron	117 520	9 961	19 804	11 165	14 498	8 533	10 731	192 213	19 221	84 810	88 182	1 195
Hajdú-Bihar	124 272	896	4 995	11 216	26 901	4 941	7 763	180 984	18 098	194 512	2 486	34
Heves	61 977	177	587	4 492	12 742	5 381	1 855	87 211	8 721	25 628	53 842	730
Jász-Nagykun-Szolnok	209 422	1 557	2 103	12 347	63 766	11 631	8 398	309 224	30 922	101 992	176 310	2 389
Komárom-Esztergom	43 301	52	1 508	4 269	10 073	2 868	1 672	63 743	6 374	41 708	16 597	225
Nógrád	16 346	62	1 178	2 585	1 620	1 938	952	24 681	2 468	21 320	3 408	46
Pest	81 552	1 036	12 640	15 829	22 881	4 195	3 898	142 030	14 203	93 799	40 229	545
Somogy	79 071	2 118	4 028	16 855	25 829	5 065	4 467	137 435	13 744	60 373	63 319	858
Szabolcs-Szatmár-Bereg	50 585	176	17 680	24 550	5 968	2 453	8 527	109 940	10 994	99 326	5 269	71
Tolna	115 517	388	1 511	8 490	36 356	3 168	2 621	168 051	16 805	64 327	86 920	1 178
Vas	68 991	42	3 178	7 845	22 963	16 156	3 697	122 872	12 287	42 435	68 167	924
Veszprém	32 309	60	2 999	8 923	12 256	5 690	3 514	65 752	6 575	65 226	9 592	130
Zala	30 321	22	559	5 961	10 763	4 428	2 183	54 237	5 424	40 071	9 798	133
Összesen	1 752 935	62 427	163 470	239 341	560 554	151 398	125 907	3 056 033	305 603	1 505 576	1 322 251	17 917

7. TÁBLÁZAT: MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ KUKORICA-, NAPRAFORGÓ- ÉS REPCE-SZÁR, ILLETVE ÖSSZES KALÁSZOS MENNYISÉGE VÁRMEGYÉNKÉNT

Vármegyék	Kukorica		Napraforgó		Repce		Kalászos		Összesen		Átlagos szállítási távolság (km)	Kalászos szállítási igénye (tkm)	Összes szállítási igény (tkm)
	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év			
	Melléktermék átlagos fűtőértéke (GJ/t)												
		13,8		12,0		14,8							
Bács-Kiskun	267 502	3 692	44 989	540	26 008	385	84 017	1 138	422 516	5 755			
Baranya	332 078	4 583	20 979	252	23 819	353	84 589	1 146	461 465	6 333			
Békés	560 436	7 734	110 502	1 326	27 823	412	215 771	2 924	914 532	12 396			
Borsod-Abaúj-Zemplén	99 748	1 377	35 733	429	20 112	298	47 086	638	202 678	2 741			
Csongrád-Csanád	195 036	2 691	38 471	462	16 060	238	113 270	1 535	362 837	4 926			
Fejér	59 361	819	20 786	249	30 321	449	153 399	2 079	263 868	3 596			
Győr-Moson-Sopron	18 525	256	6 484	78	9 505	141	88 182	1 195	122 695	1 669			
Hajdú-Bihar	473 470	6 534	57 216	687	7 070	105	2 486	34	540 242	7 359			
Heves	31 150	430	28 264	339	12 585	186	53 842	730	125 842	1 685			
Jász-Nagykun-Szolnok	159 968	2 208	104 584	1 255	28 030	415	176 310	2 389	468 892	6 266			
Komárom-Esztergom	109 582	1 512	11 598	139	5 661	84	16 597	225	143 438	1 960			
Nógrád	8 968	124	5 626	68	3 228	48	3 408	46	21 230	285			
Pest	140 259	1 936	32 129	386	14 705	218	40 229	545	227 323	3 084			
Somogy	310 684	4 287	22 698	272	26 913	398	63 319	858	423 614	5 816			
Szabolcs-Szatmár-Bereg	357 751	4 937	55 626	668	8 075	120	5 269	71	426 721	5 795			
Tolna	452 727	6 248	41 264	495	18 684	277	86 920	1 178	599 594	8 197			
Vas	108 642	1 499	9 291	111	28 113	416	68 167	924	214 212	2 950			
Veszprém	51 245	707	6 776	81	9 700	144	9 592	130	77 313	1 062			
Zala	102 953	1 421	4 620	55	15 744	233	9 798	133	133 115	1 842			
Összesen	3 840 085	52 993	657 636	7 892	332 155	4 916	1 322 251	17 917	6 152 127	83 717			

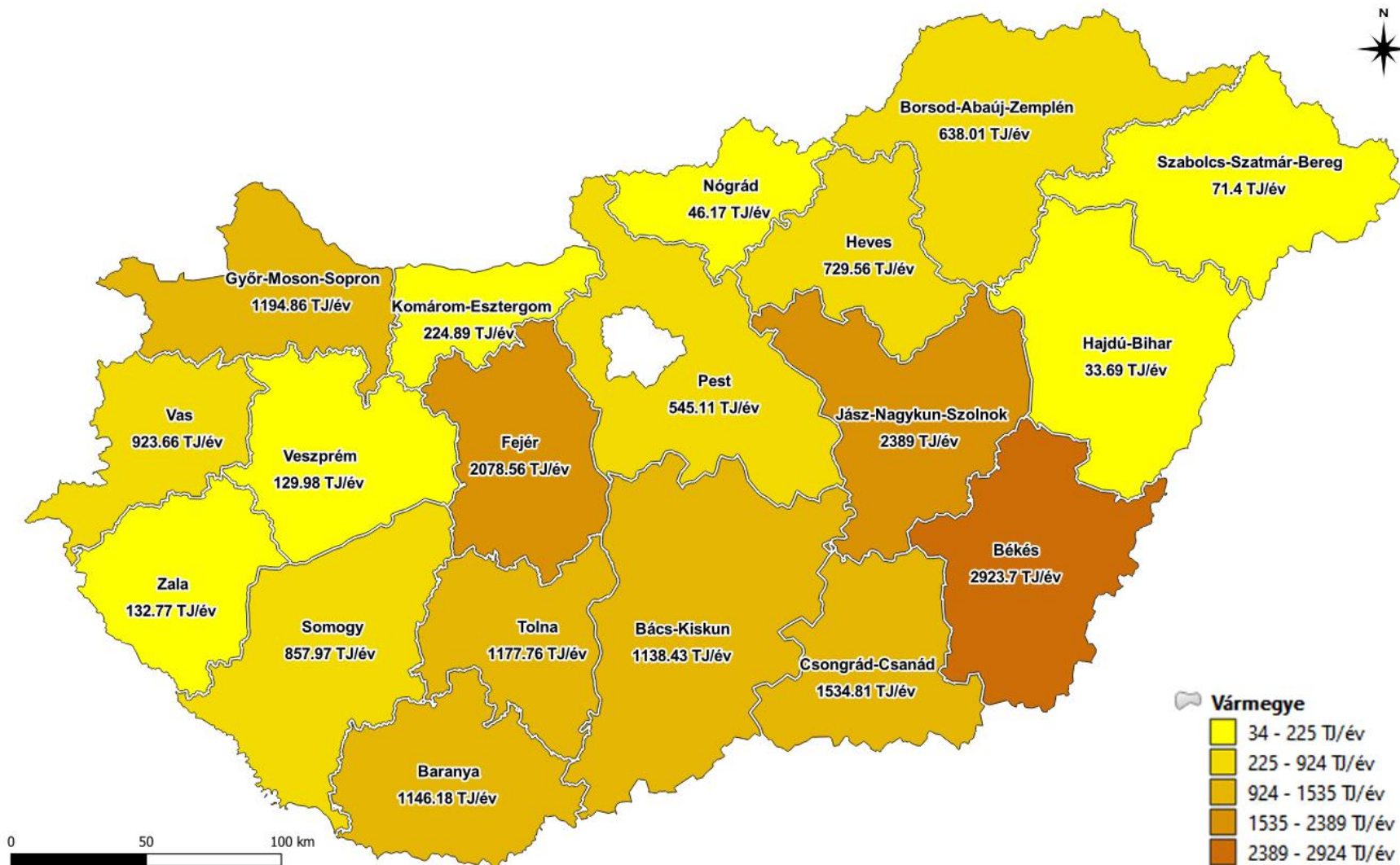
8. TÁBLÁZAT: BÉKÉS VÁRMEGYE ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ SZALMA MENNYISÉGE JÁRÁSONKÉNT

Járás/Vármegye	Betakarítható (t/év)								Egyéb felhasználás (10 %)*	Állattartás szalma igénye (t/év)	Energetikai célokra hasznosítható szalma (t/év)	Energetikai célokra hasznosítható szalma (TJ/év)
	Búza	Durumbúza	Rozs	Triticale	Őszi árpa	Tavaszi árpa	Zab	Kalászos összesen				
	Melléktermék átlagos fűtőértéke (GJ/t)											
	13,5	13,5	13,6	13,5	13,6	13,6	13,6					
Békéscsabai	29 781	174	55	1 032	8 097	1 548	1 221	41 909	4 191	12 603	25 115	340,31
Békési	24 057	141	44	834	6 541	1 250	987	33 853	3 385	10 402	20 066	271,89
Gyomaendrődi	30 948	181	57	1 073	8 414	1 609	1 269	43 551	4 355	13 598	25 597	346,85
Gyulai	16 116	94	30	559	4 382	838	661	22 679	2 268	8 191	12 221	165,59
Mezőkovácsházai	45 691	267	84	1 584	12 423	2 375	1 874	64 297	6 430	17 464	40 403	547,46
Orosházi	36 262	212	67	1 257	9 859	1 885	1 487	51 029	5 103	14 214	31 712	429,69
Sarkadi	22 970	134	42	796	6 245	1 194	942	32 324	3 232	11 325	17 767	240,74
Szarvasi	22 631	132	42	784	6 153	1 176	928	31 847	3 185	9 601	19 061	258,28
Szeghalmi	29 983	175	55	1 039	8 152	1 559	1 230	42 193	4 219	14 145	23 830	322,89
Békés	258 440	1 510	477	8 958	70 266	13 434	10 598	363 683	36 368	111 543	215 771	2 923,70

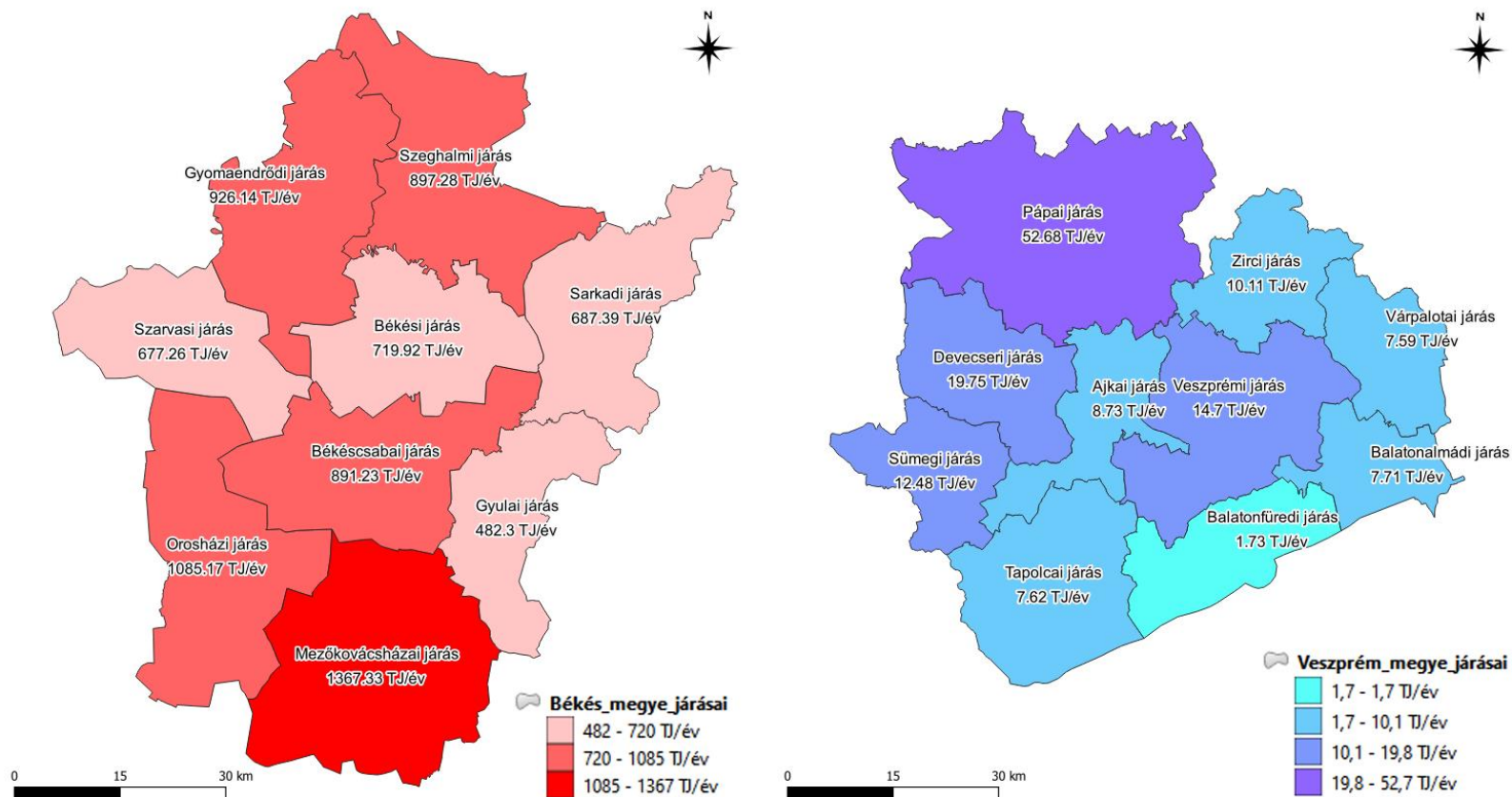
9. TÁBLÁZAT: BÉKÉS VÁRMEGYE ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ KUKORICA-, NAPRAFORGÓ- ÉS REPCE-SZÁR, ILLETVE ÖSSZES KALÁSZOS MENNYISÉGE JÁRÁSONKÉNT

Járás/Vármegye	Kukorica		Napraforgó		Repce		Kalászos		Összesen		Átlagos szállítási távolság (km)	Kalászos szállítási igénye (tkm)	Összes szállítási igény (tkm)
	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év	t/év	TJ/év			
	Melléktermék átlagos fűtőértéke (GJ/t)												
		13,8		12,0		14,8							
Békéscsabai	64 582	891	12 734	153	3 206	47	25 115	340	105 637	1 432			
Békési	52 168	720	10 286	123	2 590	38	20 066	272	85 110	1 154			
Gyomaendrődi	67 112	926	13 232	159	3 332	49	25 597	347	109 274	1 481			
Gyulai	34 949	482	6 891	83	1 735	26	12 221	166	55 796	756			
Mezőkovácsházai	99 082	1 367	19 536	234	4 919	73	40 403	547	163 940	2 222			
Orosházi	78 635	1 085	15 505	186	3 904	58	31 712	430	129 756	1 759			
Sarkadi	49 811	687	9 821	118	2 473	37	17 767	241	79 872	1 083			
Szarvasi	49 077	677	9 676	116	2 436	36	19 061	258	80 251	1 088			
Szeghalmi	65 020	897	12 820	154	3 228	48	23 830	323	104 898	1 422			
Békés	560 436	7 734	110 502	1 326	27 823	412	215 771	2 924	914 532	12 396			

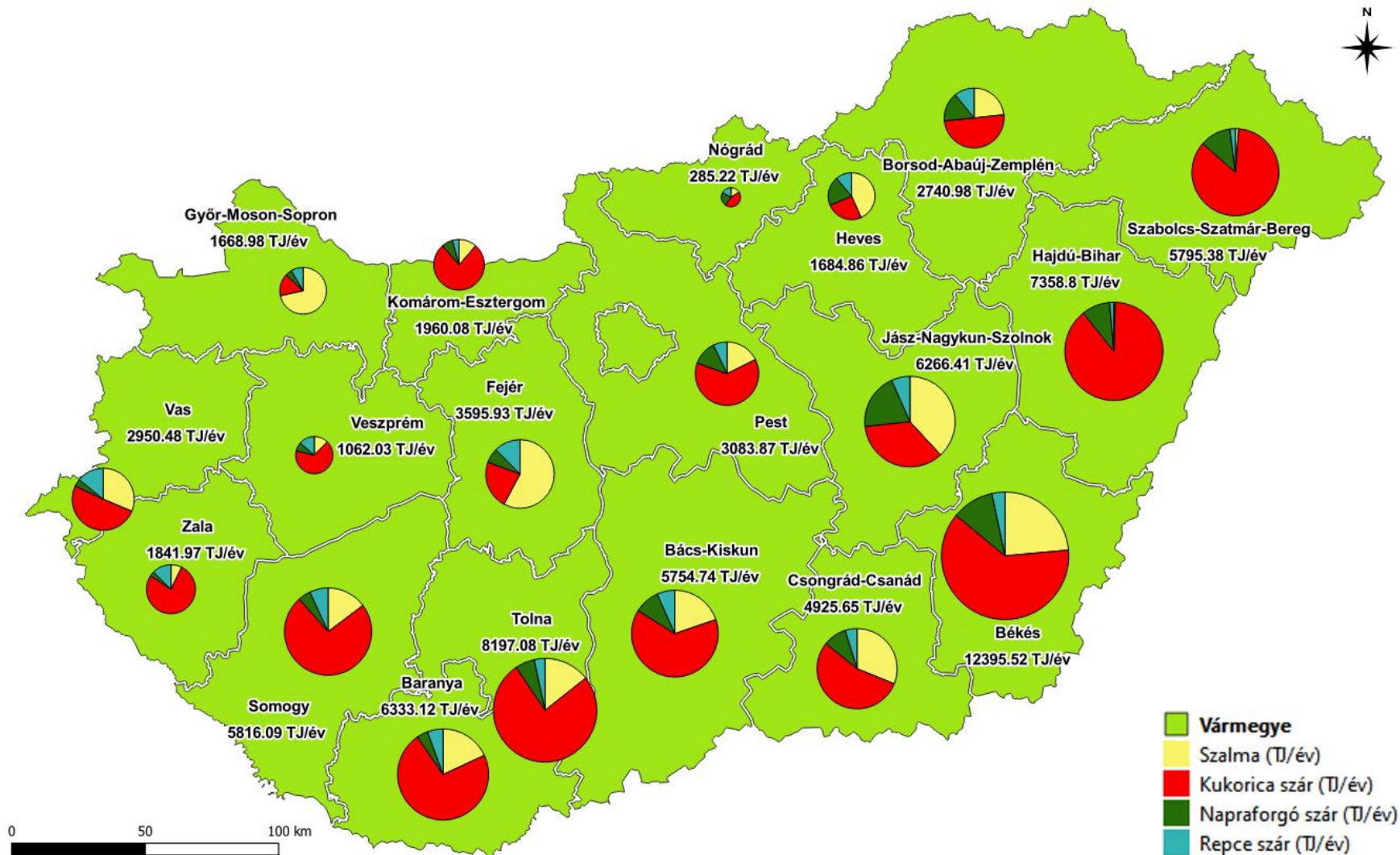
10. ÁBRA: MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI CÉLRA HASZNOSÍTHATÓ SZALMA POTENCIÁLJA (TJ/év)



11. ÁBRA: ENERGETIKAI CÉLRA HASZNOSÍTHATÓ KUKORICA- (BÉKÉS MEGYE) ÉS REPCE-SZÁR (VESZPRÉM VÁRMEGYE) POTENCIÁLJA (TJ/ÉV)



12. ÁBRA: MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ KUKORICA-, NAPRAFORGÓ- ÉS REPCE-SZÁR, ILLETVE ÖSSZES KALÁSZOS MENNYISÉGE VÁRMEGYÉNKÉNT



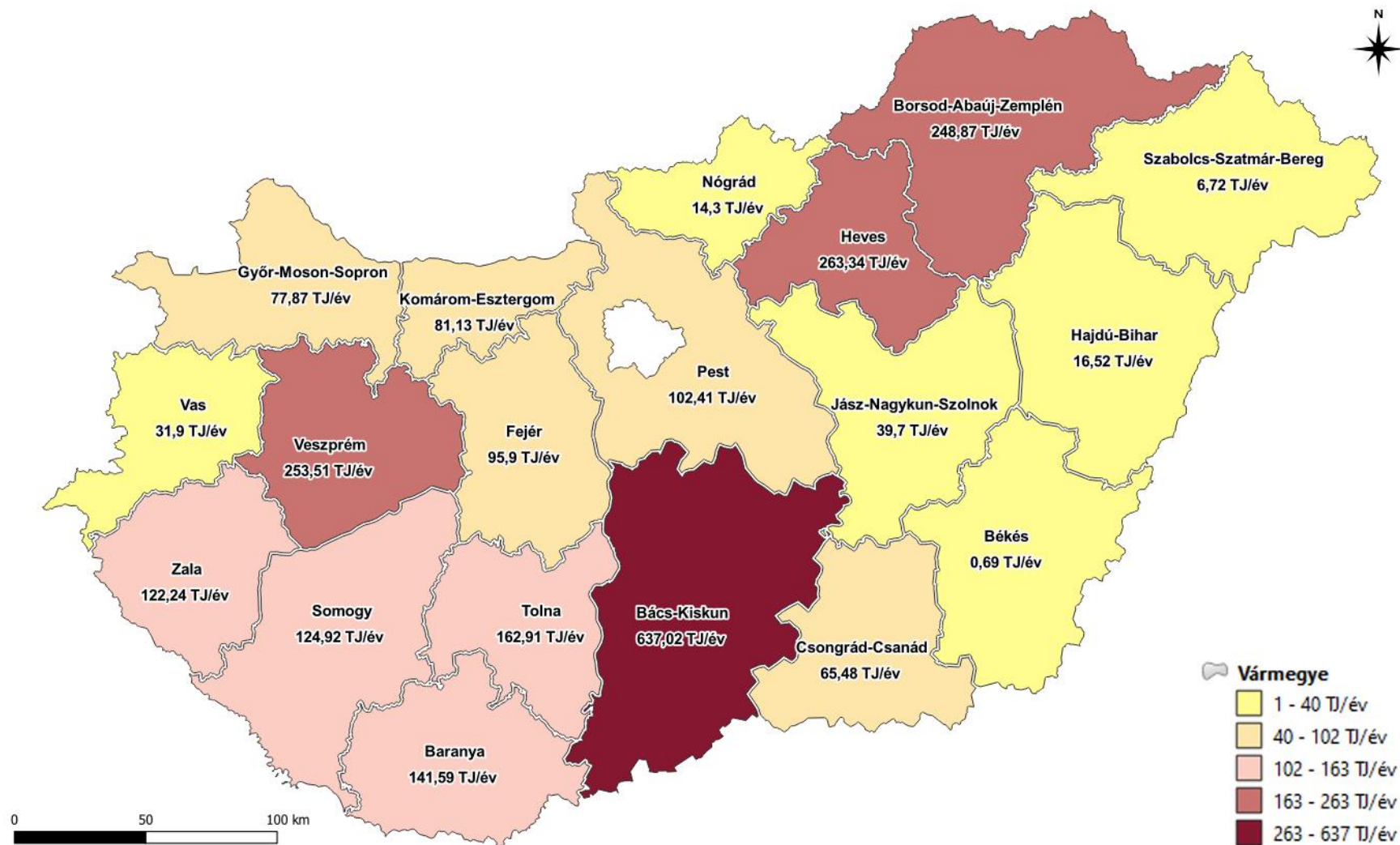
10. TÁBLÁZAT: MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ SZŐLŐ VENYIGE MENNYISÉGE

Vármegye	Szőlő terület (ha)	Szőlő venyige (t)	Szőlő-venyige kinyerhető energia (TJ)
Bács-Kiskun	36 929	55 393	637
Baranya	8 208	12 313	142
Békés	40	60	1
Borsod-Abaúj-Zemplén	14 427	21 641	249
Csongrád-Csanád	3 796	5 694	65
Fejér	5 560	8 339	96
Győr-Moson-Sopron	4 514	6 771	78
Hajdú-Bihar	958	1 437	17
Heves	15 266	22 899	263
Jász-Nagykun-Szolnok	2 301	3 452	40
Komárom-Esztergom	4 703	7 055	81
Nógrád	829	1 244	14
Pest	5 937	8 906	102
Somogy	7 242	10 863	125
Szabolcs-Szatmár-Bereg	390	585	7
Tolna	9 444	14 166	163
Vas	1 849	2 774	32
Veszprém	14 696	22 044	254
Zala	7 086	10 629	122
Összesen	144 175	216 263	2 487

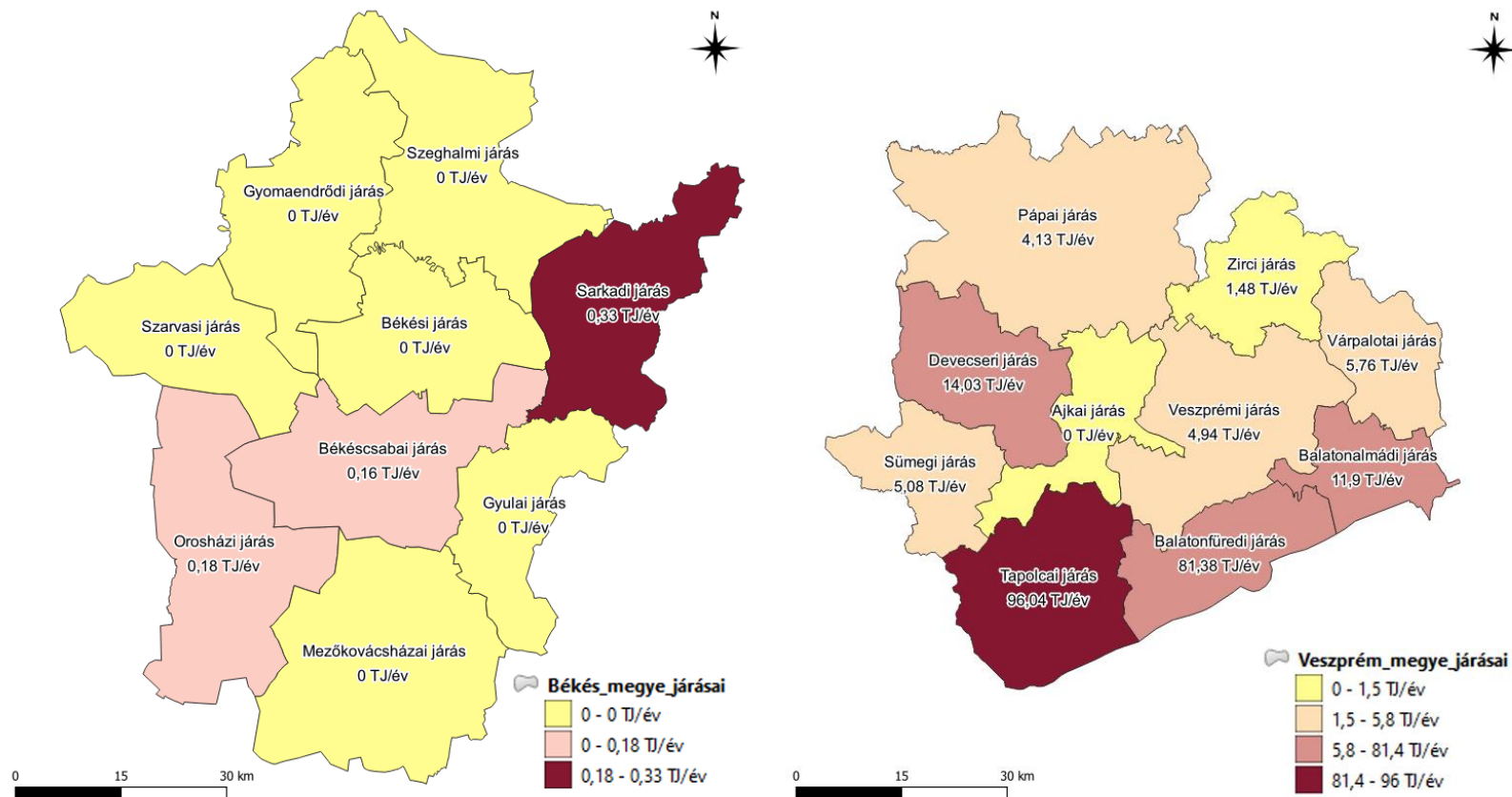
11. TÁBLÁZAT: ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ SZŐLŐ VENYIGE MENNYISÉGE BÉKÉS ÉS VESZPRÉM VÁRMEGYÉKBEN JÁRÁSI SZINTEN

Vármegye	Járás	Szőlő terület (ha)	Szőlő venyige (t)	Szőlő-venyige kinyerhető energia (TJ)
Békés	Békéscsabai	10	14	0
	Békési	0	0	0
	Gyomaendrődi	0	0	0
	Gyulai	0	0	0
	Mezőkovácsházai	0	0	0
	Orosházi	11	16	0
	Sarkadi	20	30	0
	Szarvasi	0	0	0
	Szeghalmi	0	0	0
Veszprém	Ajkai	0	0	0
	Balatonalmádi	690	1 035	12
	Balatonfüredi	4 718	7 076	81
	Devecseri	813	1 220	14
	Pápai	240	359	4
	Siófoki	1 667	2 500	29
	Sümegi	295	442	5
	Tapolcai	5 568	8 352	96
	Várpalotai	334	501	6
	Veszprémi	287	430	5
	Zirci	86	129	1

13. ÁBRA: MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ SZŐLŐ VENYIGE MENNYISÉGE VÁRMEGYÉNKÉNT



14. ÁBRA: BÉKÉS ÉS VESZPRÉM VÁRMEGYE ENERGETIKAI CÉLOKRA HASZNOSÍTHATÓ SZŐLŐ VENYIGE MENNYISÉGE JÁRÁSONKÉNT



VI. ENERGETIKAILAG HASZNOSÍTHATÓ BIOMASSZA FORRÁSOK MENNYISÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA / MAGASABB KOCKÁZATÚ FORRÁSOK, FENNTARTHATÓSÁGI KRITÉRIUMOK ALKALMAZÁSÁVAL / DIREKT ENERGETIKAI ÜLTETVÉNYEK

Az elmúlt lassan 20 év kutatási eredményei alapján megállapítható, hogy az energetikai ültetvények közül a különböző lágyszárú energianövények (Szarvasi-1 energiafű, Miscanthus spp., stb.) termesztése és hasznosítása számottevő nehézségbe ütközik, mind a termesztéstechnológia, mind az előkezelés (pl.: tömörítés, tárolás), és égetéses hasznosítás (pl.: a magas kálium és klór tartalomból adódó eutektikum képződés) tekintetében is. Ezzel szemben a fás szárú ültetvényeknél a részben mezőgazdasági, nagyobb részt hagyományos erdőgazdasági technológiák kiforrottak, működnek, így a dendromassza termelés és hasznosítás megoldott, ezért a fás szárú energetikai ültetvényekkel megtermelhető potenciált vizsgáltuk, mint biomassza forrást.

Magyarországon a jelenlegi mezőgazdasági termény árak, és piaci helyzet mellett is több, mint fél millió ha mezőgazdasági művelésből kivont terület áll rendelkezésre alternatív hasznosításra. Ezen területek jelentős része alkalmas lehet energetikai faültetvénnyel való hasznosításra. Energetikai faültetvény alkalmazása számos előnnyel jár: vidékfejlesztés, munkahelyteremtés, földhasznosítás, intervenciós mennyiségek csökkentése, rentábilis termelés, környezetvédelem erősítése. Az energetikai faültetvényekből kikerülő apríték felhasználása megoldott (tüzeléstechnikai szempontból a legjobb), így a megtermelt alapanyag hasznosítása sem jelent gondot. Minimálisan megtermelendő energiamennyiség 150 GJ/ha, de ennek közel dupláját is el lehet érni, így jelentős energiapotenciál biztosítható a mezőgazdasági területeken dendromasszával.

Az energetikai faültetvények telepítése elsősorban a mezőgazdasági szempontból kedvezőtlenebb (20 AK alatti) területeken történik, ahol a mezőgazdasági termelés nehézkes, gazdaságilag kockázatos, vagy egyértelműen nem rentábilis. Az energetikai faültetvényeknek ezek a termőhelyek megfelelhetnek, akár kiválóak is lehetnek (pl.: időszakos vízborítás a fűzfajtáknak), mert a fás vegetáció számára más tényezők határozzák meg a termőhely jóságát, mint a mezőgazdasági kultúrákét.

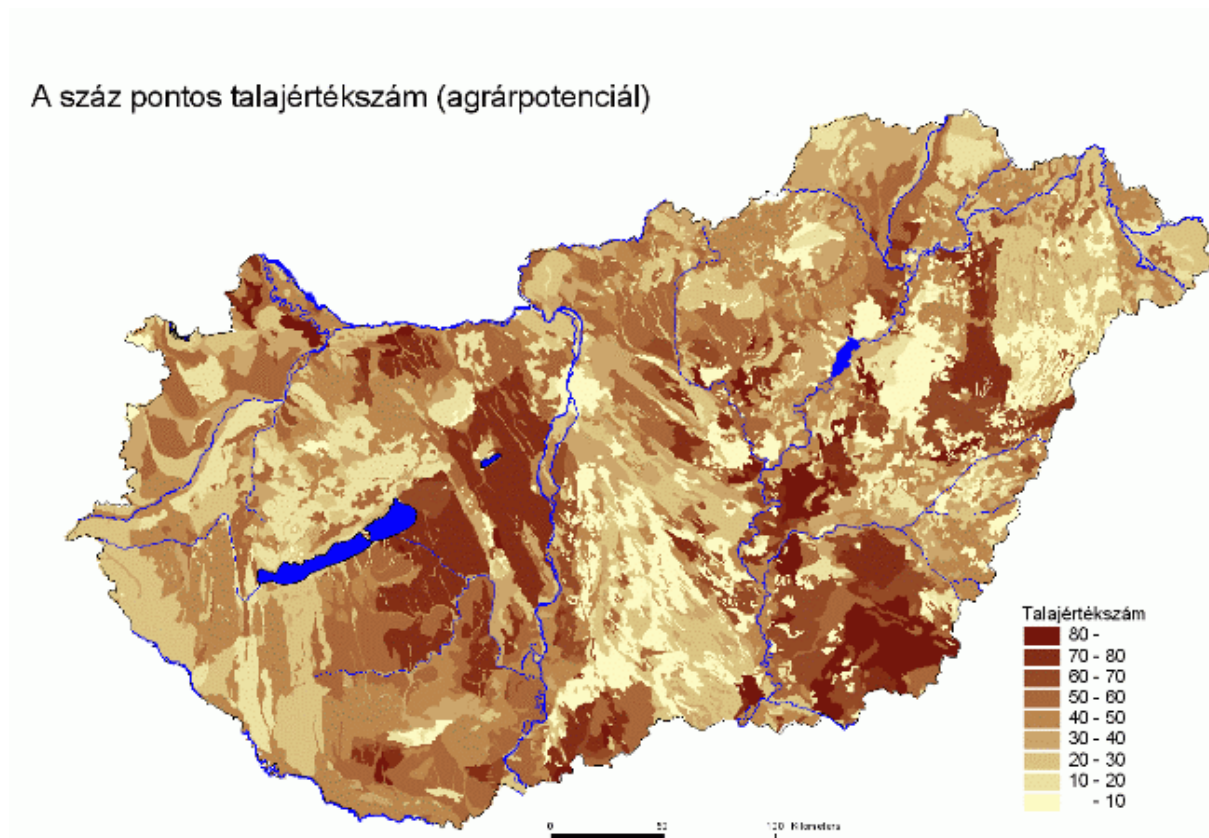
Magyarországon, az energetikai faültetvény létesítésének vizsgálata érdekében felmérésre kerültek a szántó művelési ágú területek. Ma Magyarországon alapvetően három fafaj (azon belül számos fajta) alkalmazható energetikai faültetvény létesítésre. Az egyes fafaj-„csoportok” termőhellyel szemben támasztott igényei az alapvető termőhelyi tényezőkkel megadhatók, így megfelelő szűrésekkel az egyes fafajok számára alkalmas termőhelyek nagyléptékben meghatározhatók a rendelkezésre álló digitális térképi adatbázisok

segítségével. Természetesen konkrét telepítés tervezése esetén a telepítési tervben előírtaknak megfelelő helyi termőhely-feltárása szükséges, amellyel a termőhely típus változat határozható meg, amely megadja az adott területen telepíthető fafajt, és azon belül a fajtát.

A vizsgálatunk során a nyár- és a fűz fafaj-csoportokat vizsgáltuk (nyár esetében a *Populus nigra* leszármazottakat, fűz esetében a *Salix alba* leszármazottakat néztük), szem előtt tartva az írott és íratlan természetvédelmi irányelveket, így genetikailag részben őshonos fajták adottságait vettük figyelembe. Az akáccal a biodiverzitásra gyakorolt negatív hatásainak szem előtt tartása miatt nem számoltunk.

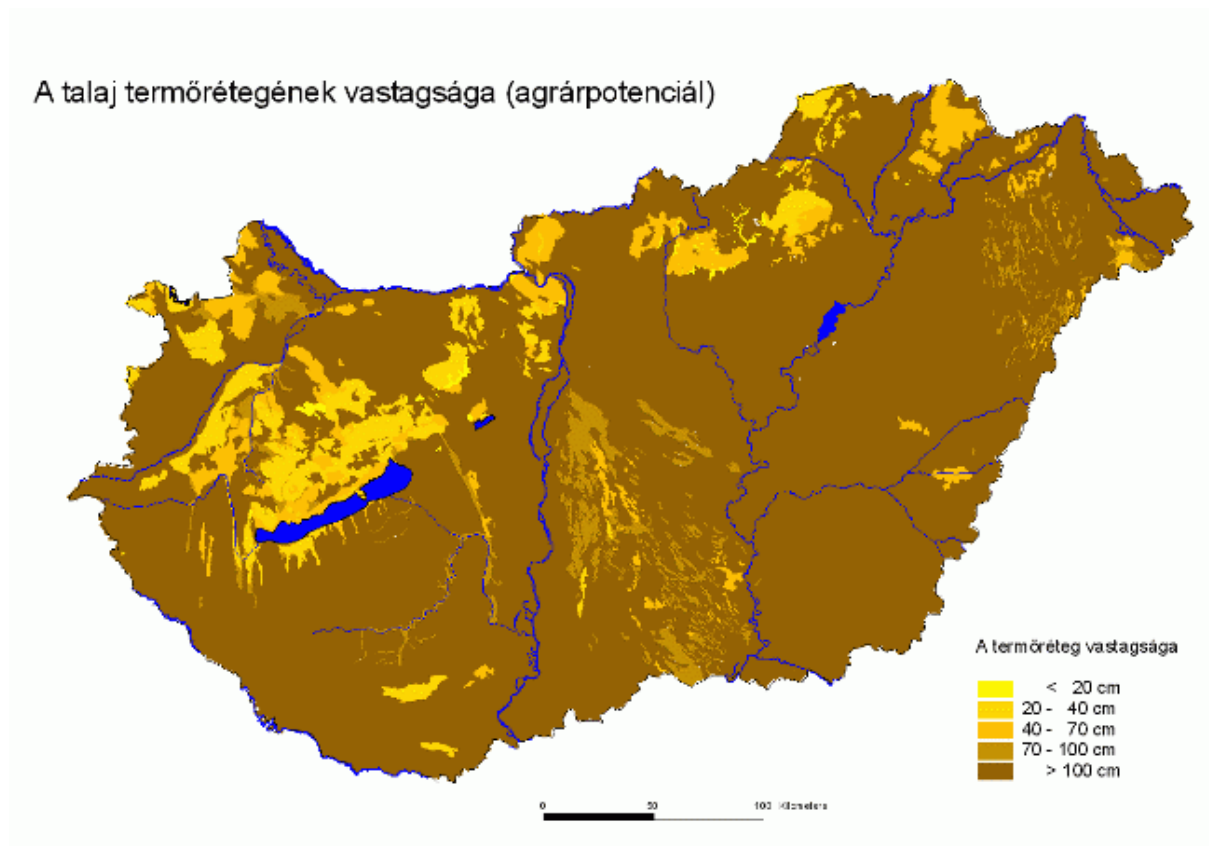
Mind a két fafaj-csoport esetében alapvetően csak azokat a szántó művelési ágú területeket vettük figyelembe, amelyeknél a száz pontos talajértékszám 30 alatt van, illetve a termőréteg vastagsága legalább 40 cm.

15. ÁBRA: A TALAJÉRTÉKSZÁM ALAKULÁSA MAGYARORSZÁGON



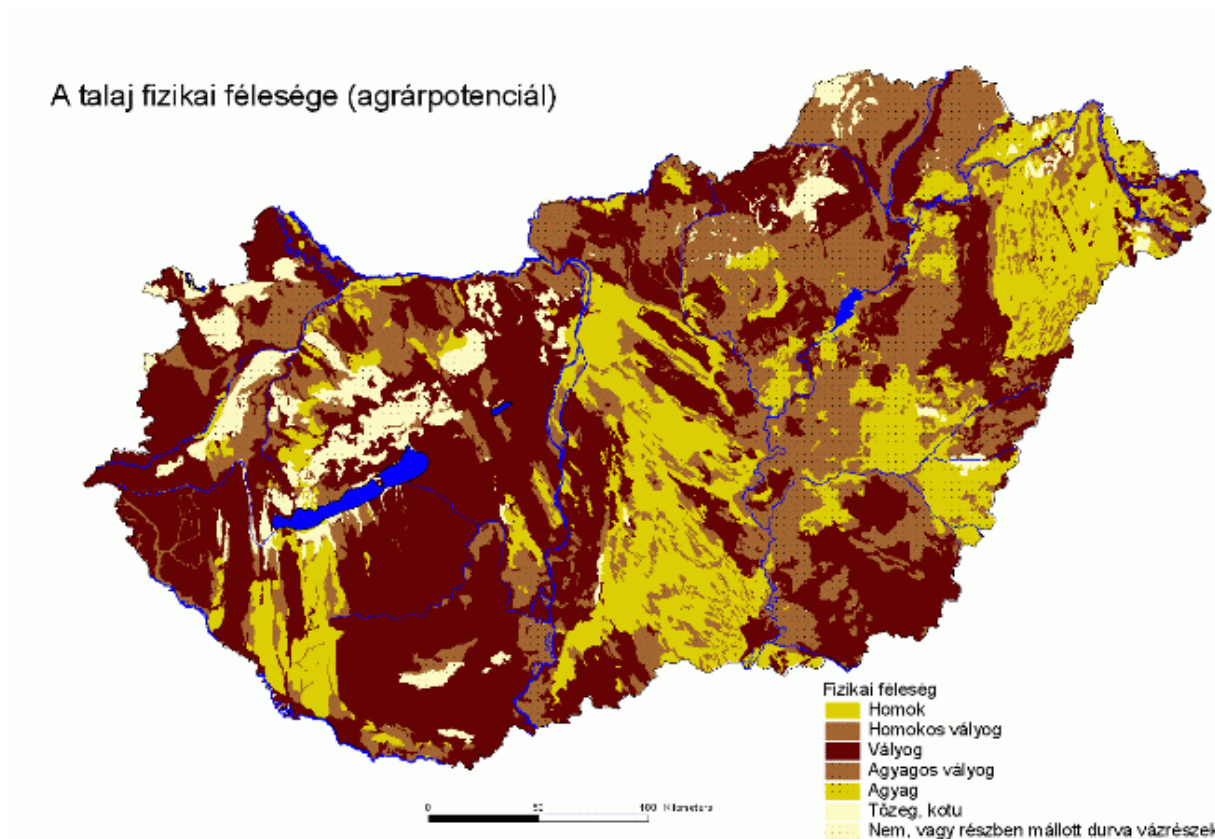
A talajérték szám az egyes termőhelyek talajának tulajdonságai által meghatározott termékenységét fejezi ki a legtermékenyebb talaj %-ban. Az alacsonyabb talajértékszámú területek alkalmazása azért szükséges, mert az Európai Unió irányelveknek megfelelően azon szántó művelési ágban lévő mezőgazdasági területeken kell alternatív hasznosítást biztosítani, amelyek az élelmiszcélú termesztésre kedvezőtlenek. A termőréteg vastagságánál a minimális vastagság meghatározása a fás szárú vegetáció termőhely-feltáró képességével, és gyökérrendszerével van összefüggésben.

16. ÁBRA: MAGYARORSZÁG TALAJAINAK TERMŐRÉTEG-VASTAGSÁGA



Fafajonként határoztuk meg a fizikai talajféleséggel szemben támasztott igényeket, és a vízgazdálkodással szemben támasztott igényeket is. Kizártuk a kiválasztott fafaj-csoportok számára is kedvezőtlen kémhatású talajokat, így az erősen savanyú és szikes talajokat. A térképi adatbázisok vektoros változatát metszettük a szántó területekkel és az egyes közigazgatási határokkal, így járási szinten határoztuk meg a potenciális termőhelyek mértékét ha-ban az egyes fafaj-csoportokra.

17. ÁBRA: MAGYARORSZÁG TALAJAINAK FIZIKAI FÉLESÉGE

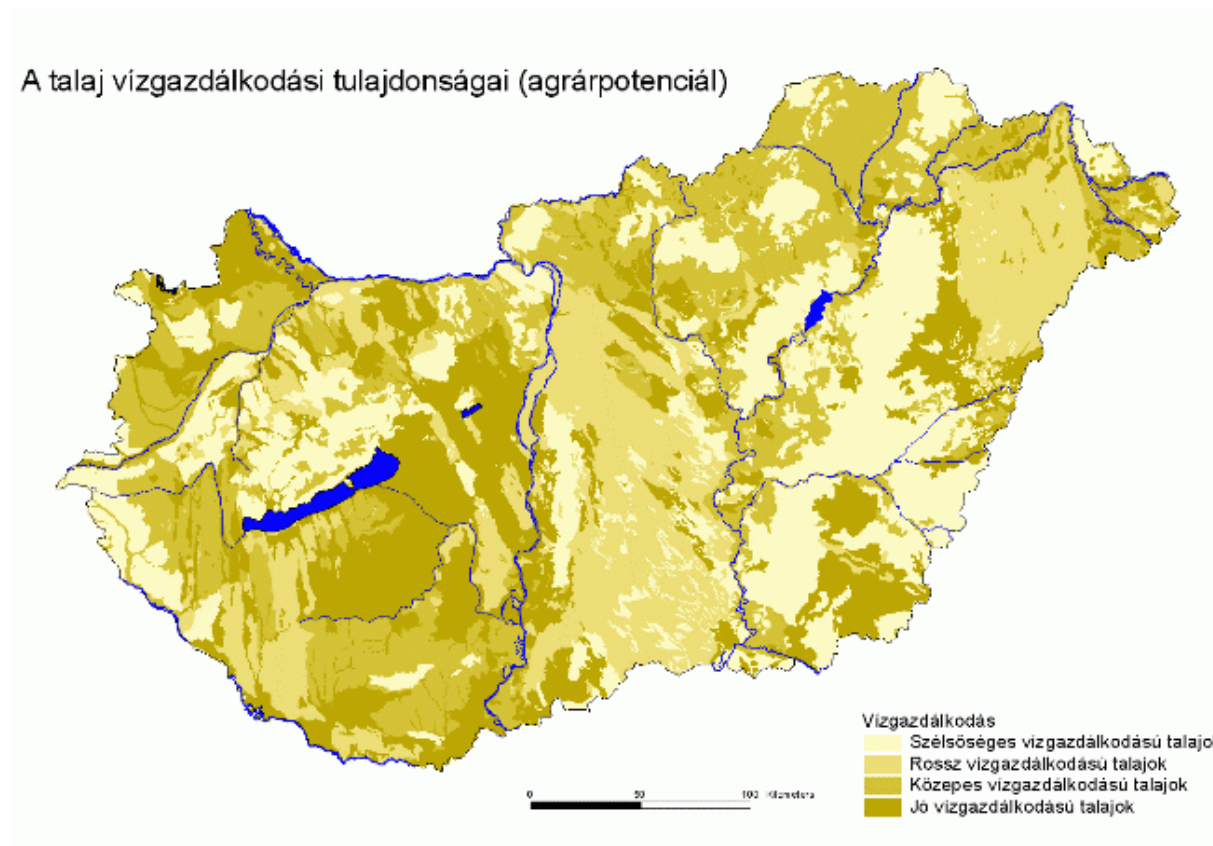


Az egyes fogalmak:

- Talajértékszám: a különböző termőhelyek talajának a talajtulajdonságok által meghatározott termékenységét fejezi ki a legtermékenyebb talaj termékenységének %-ban.
- Termőréteg vastagsága: (kő, kavics, ill. talajvíz mélysége) a helyszíni felvételezés alapján megállapított számszerű kategóriák
- Fizikai talajféleség: a helyszíni felvételezés tapasztalatai, laboratóriumi teszt-vizsgálatok: KA, telítési %, h_y , leiszapolható rész % és mechanikai elemzés alapján megállapított nem számszerű kategóriák.
- A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai: a Várallyay et al. által kidolgozott vízgazdálkodási kategória-rendszer
- A talaj kémhatása: a talaj kémhatása és mészállapota a helyszíni vizsgálatok és laboratóriumi meghatározások eredményeinek: $pH(H_2O)$, $pH(NH_4Cl)$, y_1 , y_2 , $CaCO_3$ -tartalom együttes értékelése alapján megállapított nem számszerű értékek.

18. ÁBRA: MAGYARORSZÁG TALAJAINAK VÍZGAZDÁLKODÁSI TULAJDONSÁGAI

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai (agrárpotenciál)



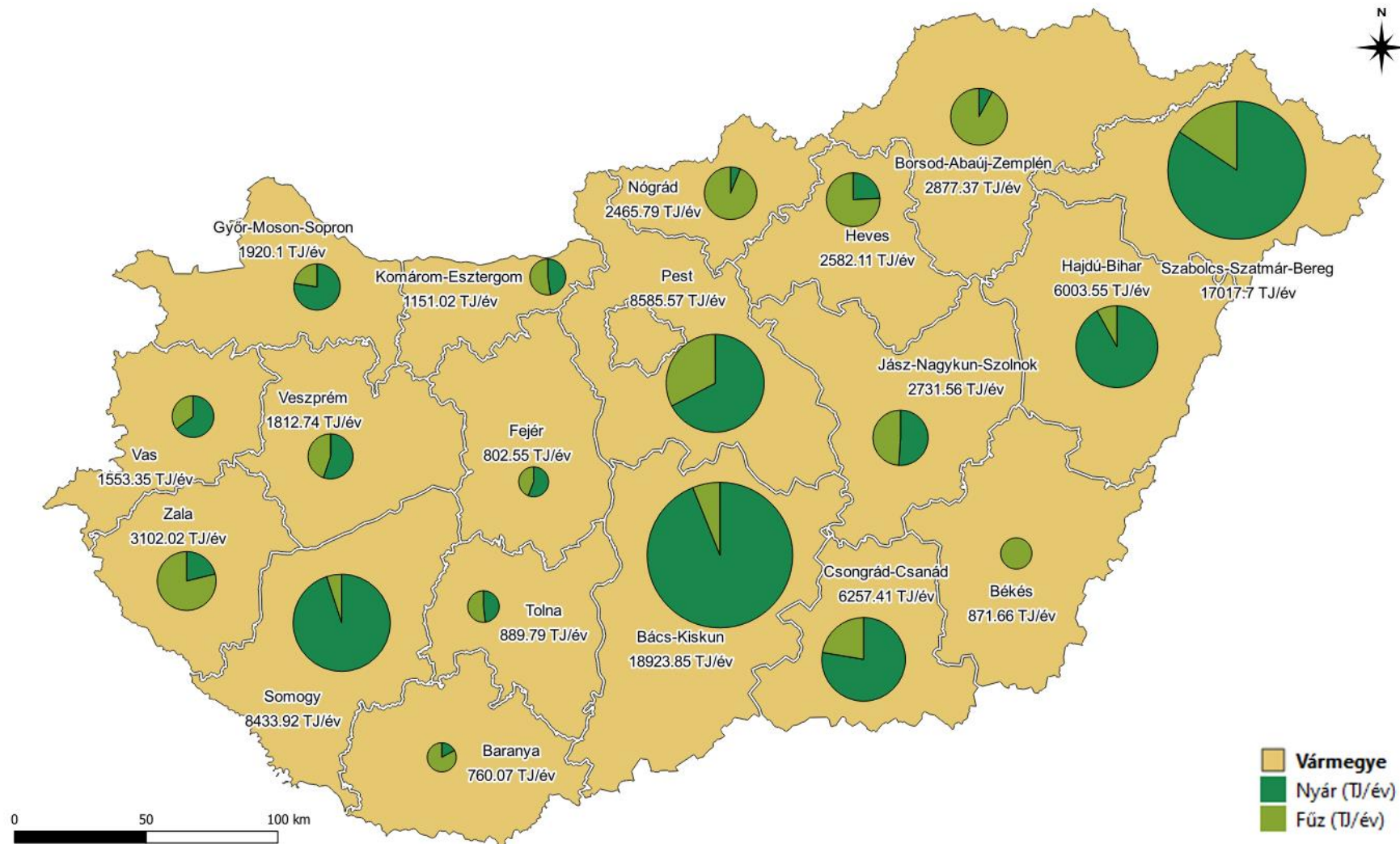
**12. TÁBLÁZAT: ENERGETIKAI FAÜLTETVÉNYEKKEL MEGTERMELHETŐ ENERGIA MENNYISÉGE
MAGYARORSZÁGON VÁRMEGYE BONTÁSBAN**

Vármegye	Egyes fafaj-csoportokkal megtermelhető összes energia (TJ/év)		Összes (TJ/év)
	Nyár	Fűz	
Bács-Kiskun	17 776	1 148	18 924
Baranya	130	630	760
Békés	0	872	872
Borsod-Abaúj-Zemplén	228	2 649	2 877
Csongrád-Csanád	4 859	1 398	6 257
Fejér	450	353	803
Győr-Moson-Sopron	1 490	430	1 920
Hajdú-Bihar	5 521	482	6 004
Heves	625	1 957	2 582
Jász-Nagykun-Szolnok	1 395	1 336	2 732
Komárom-Esztergom	549	602	1 151
Nógrád	152	2 314	2 466
Pest	5 781	2 805	8 586
Somogy	8 011	423	8 434
Szabolcs-Szatmár-Bereg	14 361	2 657	17 018
Tolna	428	461	890
Vas	1 006	547	1 553
Veszprém	1 001	812	1 813
Zala	657	2 445	3 102
Összes:	64 420	24 322	88 742

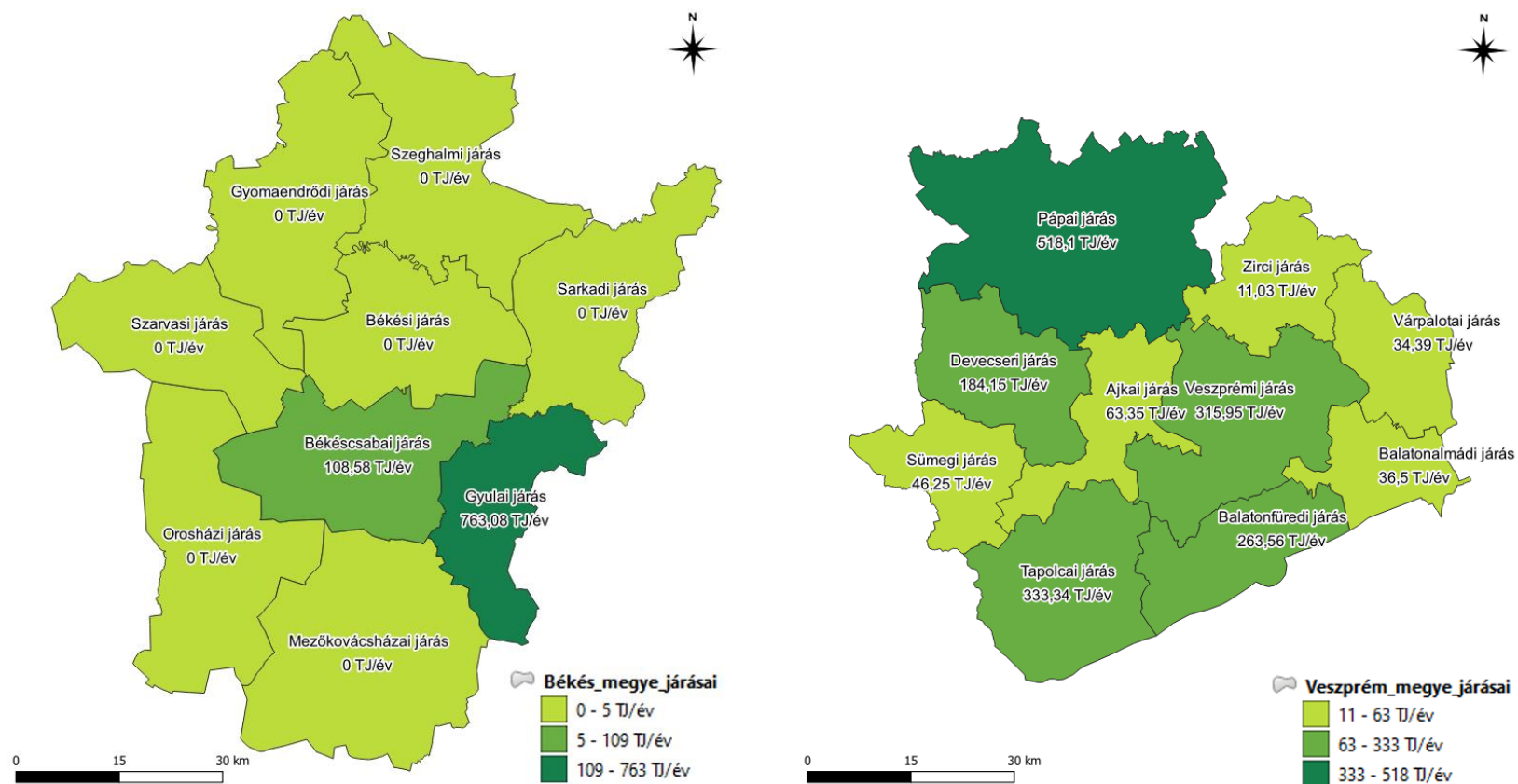
13. TÁBLÁZAT: ENERGETIKAI FAÜLTETVÉNYEKSEL MEGTERMELHETŐ ENERGIA MENNYISÉGE BÉKÉS ÉS VESZPRÉM VÁRMEGYÉKBEN JÁRÁSI BONTÁSBAN

Vármegye	Egyes fafaj-csoportokkal megtermelhető összes energia (TJ/év)		Összes (TJ/év)
	Nyár	Fűz	
Békés	0	109	109
	0	0	0
	0	0	0
	0	763	763
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Veszprém	26	38	63
	0	36	36
	0	264	264
	184	0	184
	518	0	518
	6	0	6
	0	46	46
	267	67	333
	0	34	34
	0	316	316
	0	11	11

19. ÁBRA: ENERGETIKAI FAÜLTETVÉNYEKEL MEGTERMELHETŐ ENERGIA MENNYISÉGE MAGYARORSZÁGON VÁRMEGYE BONTÁSBAN



20. ÁBRA: ENERGETIKAI FAÜLTETVÉNYEKSEL MEGTERMELHETŐ ENERGIA MENNYISÉGE BÉKÉS ÉS VESZPRÉM VÁRMEGYÉKBEN JÁRÁSI BONTÁSBAN



IRODALOMJEGYZÉK

1. ANTAL J. (SZERK.) ET AL.: Növénytermesztéstan I. Gabonafélék, Mezőgazda Kiadó, Budapest, (2005).
2. ANTAL J. (SZERK.) ET AL.: Növénytermesztéstan II. Olaj- és ipari növények, Mezőgazda Kiadó, Budapest, (2005).
3. BAI A. (SZERK.) ET AL.: A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, (2002).
4. BAI, A. A biogáz előállítása - Jelen és jövő. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. (2005).
5. BAI, A., SIPOS, G. A hagyományos erdők és az energetikai faültetvények sokrétű jelentősége. Erdészeti Lapok, 142(4), 106–109.
<https://erdeszetilapok.oszk.hu/00329/pdf/106-109.pdf> (2007).
6. BARÓTFI I. (SZERK.): Energia felhasználói kézikönyv. Környezet-Technika Szolgáltató Kft. Budapest, (1993).
7. BARÓTFI I. (SZERK.): Energiafelhasználói Kézikönyv, KÖTECH Kiadó, Budapest, (1994).
8. BIOENERGY NEWS 2002. - www.bioenergyinternational.com
9. BÓDIS, P., GÁLHIDY, L., HARMAT, Á., SZAJKÓ, G., VARGA, K. Van-e elég fenntartható biomassza Magyarországon? - Országjelentés a szilárd biomassza keresleti és kínálati oldaláról. World Wildlife Fund, Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont. Budapest.
https://rekk.hu/downloads/projects/Country_report_Hungary_HU_FINAL.pdf (2021).
10. BOHOCZKY F.: Megújuló energiaforrások magyarországi felhasználása. Előadás. In: BME Kiegészítő Képzés, Budapest, (2005).
11. BORONKAI L: A faiparban keletkező por mennyisége, Előadás Sopron (2003).
12. BÜKI G.: Energetika. Egyetemi tankönyv, Műegyetemi kiadó, Budapest, (1997).
13. DE WIT, M., FAALJ, A. European biomass resource potential and costs. Biomass and Bioenergy, 34(2), 188–202. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2009.07.011> (2010).
14. DEMETER E.: Biomassza felhasználás energetikai célra. Agrárközgazdasági Intézet, IV. évfolyam, 1. szám (2023).
15. DENCs B. – MARTON Gy. – KOVÁCS K. – RÉCZEYÉ. – MAROSVÖLGYI B. – ZSUFFA L.: Az energianövények termesztésének és hasznosításának magyarországi helyzete különös tekintettel az Európai Unió 5. K+F Keretprogramjához való integrálódás elősegítésére. OMFB, Bp. (1999).
16. ENCYCLOPEIDIA OF ENERGY. (Ed.: Cutler J. Cleveland), Elsevier, Oxford, (2004).
17. ENERGETIKAI FAHASZNOSÍTÁS. IN: NEMZETI ERDŐSTRATÉGIÁI ÉS ERDŐPROGRAM. Társadalmi és információs vitaanyag. Sopron, 2002. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Erdészeti Hivatal - Nemzeti Erdőprogram Programiroda- Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar- Erdővagyon-gazdálkodási Intézet.
18. Energiaügyi Minisztérium: Biogáz és biometán akcióterv (munkaváltozat), 2024.
19. Eöri T.: A repce termesztése, Kiadja a Szerző, Budapest, (2001).
20. EÖRI T.: Strategies of a Multifunctional Agrarium in the 21st Century In: Economical Questions of Utilizing Renewable Energy Sources, Sopron, (2006).

21. FISCHER, G., PRIELER, S., VAN VELTHUIZEN, H. Biomass potentials of miscanthus, willow and poplar: results and policy implications for Eastern Europe, Northern and Central Asia. *Biomass and Bioenergy*, 28(2), 119–132.
<https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2004.08.013> (2005).
22. FOGARASSY Cs.: *Energianövények a szántóföldön. Egyetemi jegyzet.* Szent István Egyetem, SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja, Gödöllő, 2001.
23. HARGITAI L. - MOLNÁR S. - SZABADHEGYI GY. - ERDÉLYI J. : *Fafeldolgozástan. Egyetemi jegyzet.* Sopron, (1993).
24. KAZAI ZS.: ET AL.: *Új utak a mezőgazdaságban*, Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület, Budapest, (2005).
25. KOHLEB, N., MUNKÁCSY, B., CSANAKY, L., MELEG, D. A megújuló energiaforrások potenciáljai és hasznosításuk Magyarországon. KOVÁSZ, 1–4, 19–50. http://kovasz.uni-corvinus.hu/2015/kohlheb_et_al.php (2015).
26. LARS N. ET AL.: *Straw for Energy Production*, The Centre for Biomass Technology, 1998.
27. LOVAS, R. (SZERK.). *Megújuló energiák hasznosítása.* Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. (2010)
28. LUKÁCS, G. S. *Megújuló energia és vidékfejlesztés.* Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. (2009).
29. MAROSVÖLGYI B.: *Biomassza-hasznosítás I., Egyetemi Jegyzet*, Sopron, (2002).
30. MAROSVÖLGYI B.: *Fafeldolgozási melléktermékek és hulladékok brikettálása.* Magyar Asztalos és Faipar 2. (2003).
31. MAROSVÖLGYI, B. *Magyarország biomassza-energetikai potenciálja.* *Energiagazdálkodás*, 45(6), 16–19. (2004).
32. MESZLÉNYI Z.: *Energia tanácsadás alapismeretek.* MÉGSZ, Budapest, (2001).
33. MEZŐSI, A., BARTEK-LESI, M., DÉZSI, B., FELSMANN, B., KÁCSOR, E., KOTEK, P., RÁCZ, V., SELEI, A., SZAJKÓ, G., SZABÓ, L., TAKÁCSNÉ TÓTH, B. A 2030-as megújuló energia-arány elérésének költségbecslése. Regionális energiagazdasági Kutatóközpont. Budapest.
https://rekk.hu/downloads/projects/2019_REKK_NEKT_megujulo_final.pdf (2018).
34. MOLNÁR S. (SZERK.) ET AL.: *Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány Sopron*, (2000).
35. MOLNÁR S. (SZERK.) ET AL.: *Magyarország ipari fája.* Szaktudás Kiadó Ház. Bp., (2002).
36. MUNKÁCSY, B., SÁFIÁN, F., HARMAT, Á., NÉMETH, S. *Hazai megújuló potenciálok és hasznosításuk jövőképünkben.* In B. Munkácsy (Ed.), *Erre van előre* (pp. 143–156). Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület. Szigetszentmiklós. (2014).
37. NÉMETH G.: *A faipari hulladékok kezelése Diplomaterv.* Sopron, Erdészeti és Faipari Egyetem
38. NÉMETH K.: *A faanyag degradációja.* Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, (1998).
39. PAPPNÉ VANCÓS, J. *A biomassza, mint energiaforrás hasznosítási lehetőségei, különös tekintettel Magyarországra.* Eötvös Lóránd Tudományegyetem. Budapest. (2010).

40. POPP, J., POTORI, N. (SZERK.) A biomassza termelése és energetikai felhasználása Magyarországon. Agrárgazdasági Kutatóintézet. Budapest. (2011).
41. RADICS L. (SZERK.) ET AL.: Szántóföldi növénytermesztés, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, (2003).
42. VAJDA GY.: Energetika I., Akadémiai Kiadó, Budapest, (1981). p. 13-40.
43. www.ksh.hu
44. <https://www.kormanyhivatal.hu/hu/ugytipusok-1/erdo-es-mezogazdasaggal-noveny-es-talajvedelemmel-kapcsolatos-ugyek/elelmiszerlanc-biztonsaghoz-es-allategeszsegugyhoz-kapcsolodo-ugyek/engedelyezes/nagy-letszamu-allattarto-telepek>