

Lézerszkennerek erdészeti alkalmazhatósága

Kiss Csaba – műszaki előadó, Pilisi Parkerdő Zrt.

Ágazatunk a lézertáv-méréssel a szakmai mindennapok során – a traffixpaxokat leszámítva – elsősorban a jól ismert lézeres famagasságmérő révén találkozunk. Ugyanakkor az elmúlt évtizedben jelentősen megnőtt azon szakmák, eljárások és eszközök száma, melyek kihasználják a technológia lehetőségeit, ezáltal intenzív fejlesztéseket, nagyobb választékot és nem utolsósorban olcsóbb árakat eredményezve.

A korábbi kizárólagos űrkutatás (pl.: atomóra, gravitációs hullámok) és katonai (táv-mérők, irányított bombák) felhasználási körből kikerülve számos civil szférában megtalálható eszközben is megjelent a lézer alapú távolságmérés: *mobiletelefonok, multifunkciós nyomtatók, sebességmérők, távmérők, játékok, drónok, porszívók, építészeti, műemlékvédelem, bányászat, rendőrségi helyszínelés, önzvezető autók, földi, légi és műholdas lézerszkennelés* stb. Az alábbi írás célja első körben mindössze annyi, hogy általános betekintést adjon nagy vonalakban a technológiai alapokba és a szakmánkban való alkalmazhatóságába.

A technológia a radaros távméréshez hasonlóan (lásd SRTM – mikrohullám; *Erdészeti Lapok* 2020. februári lapszám) az aktív távérzékelési eljárások körébe tartozik, ellentétben például a légifényképezéssel.

Aktív, mivel az eszköz saját maga által kibocsátott jelnek – esetünkben lézertáv-mérés – a visszaverődését méri a szenzor segítségével. Ellentétben egy passzív eszközzel, mint például a fényképezőgép, mely az objektumokról visszaverődő napsugarakat detektálja.

A lézer (LASER – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – fényerősítés kényszerített fénykibocsátás útján) lényegében egy összetartó, gerjesztett és egyszínű (azonos hullámhosszú) nyalábokból álló fényugár.

A fény is mint más elektromágneses sugárzás rendelkezik hullámhosszal, mely a színe mellett nagyban meghatározza annak visszaverődési tulajdonságait. A földfelszín szkennelésére használt hullámhosszok főként a szabad szemmel nem látható közel-infra tartományba (1040–1060 nm) esnek.

Idehaza a jelenleg hatályos EN 60825-1 szabvány szerinti osztályozás van érvényben, mely a lézereket hullámhosszuk és teljesítményük alapján négy fő-, és azokon belül 4 alosztályba (1M, 2M, 3R, 3B) sorolja. Az 1-es a legalacsonyabb energiájú (<< 1 mW), veszélytelen akár belenézve is (ezt azért kerüljük), míg az 4-es (> 500 mW) ipari felhasználásra (pl.: fémek vágására) is alkalmas és csak óvintézkedések mellett alkalmazható. A veszélyre figyelmeztető sárga háromszöget csak a Class 2-ben és föllette találunk.

A földön, illetve alacsony magasságban (pl.: drón) működő lézerszkennerek jellemzően az 1-es osztályt alkalmazzák, ugyanakkor a kisrepülőkről végzett felméréseknél magasabb energiájú eszközöket is találhatunk viszont a nagy távolság és a nem tökéletesen párhuzamos nyalábok szétterjedése miatt veszélytelen.

Távolságmérés elve, lézerszkennelés

Maga a lézertáv-mérés elve a sebesség-idő-megtett út hármának kapcsolatán alapszik, ahol is a távolság egyenlő a sebesség és az idő szorzatával. A fény sebessége ismert para-

méter (kerékítve: 300 000 km/s), így már csak az időmérés minőségén múlik a pontosság.

Lézeres famagasságmérő használatkor amikor megnyomjuk a távmérő megfelelő gombját, a lézernyaláb elhagyja a diódát, ezzel párhuzamosan az időmérést is megindítja. A lézertáv-mérés után egy lencse fókuszálja, hogy kisebb legyen a szétterjedése. Az eszközből kilépő fénysebességgel haladó lézertáv-mérés elérése a fának a törzsét arról visszaverődik, és megteszi még egyszer az eszköz és törzs közötti távolságot a vissza irányba is. A visszaterő jel a fogadó szenzorba lépve az időmérést leállítja és a távolság az idő, valamint a fény sebességének szorzatából számítható. Ezt az értéket még kétszer osztani kell, lévén a lézertáv-mérés utat kétszer tette meg (oda-vissza). Az elv az úgynevezett ToF (Time of Flight – utazási idő, röpidő).

Az eljárást a szakirodalomban *LIDAR* néven kell keresnünk, mely a Light Detection and Ranging azaz távolságmérés fénykibocsátás útján. Meg kell jegyeznünk, hogy eredetileg a Light Radar (fényradar) szavakból ered és csak később alakult át a mai mozaikszóvá.

Természetesen sok egyéb tényező is befolyásolja a mérést: távolság miatti szétterjedés, anyagok reflektivitása, visszaverődési szóródás, kültéri fényviszonyok, pára, szél miatt mozgó ágak stb. A gyártók ezeket figyelembe véve adják meg az eszközeik paramétereit.

Nagyon leegyszerűsítve a szkennelés során a fenti mérést végzi el a műszer úgy, hogy a lézersugárral távolságot mér egy gömbfelület valamennyi pontjára, ahol a közép-pontban a műszer helyezkedik el.

Ezt a gyakorlatban egy nagy frekvenciával pörgő (földi), pásztázó (légi) tükörrel érik el, mely a lézertáv-mérésért felel. Légi (kisrepülő) eszközök esetén ez több mint 500 ezer, földi műszereknél akár 2 millió mérést is jelenthet másodpercenként a többszörös kibocsátás révén.

Természetesen nem minden mérésből lesz értékelhető eredmény – zaj, jelszóródás, távolság, reflektancia, alkalma-



1. kép. Szenzorok: lézertáv-mérő (bal), irodai nyomtatóban, mint lapérzékelő (jobb)

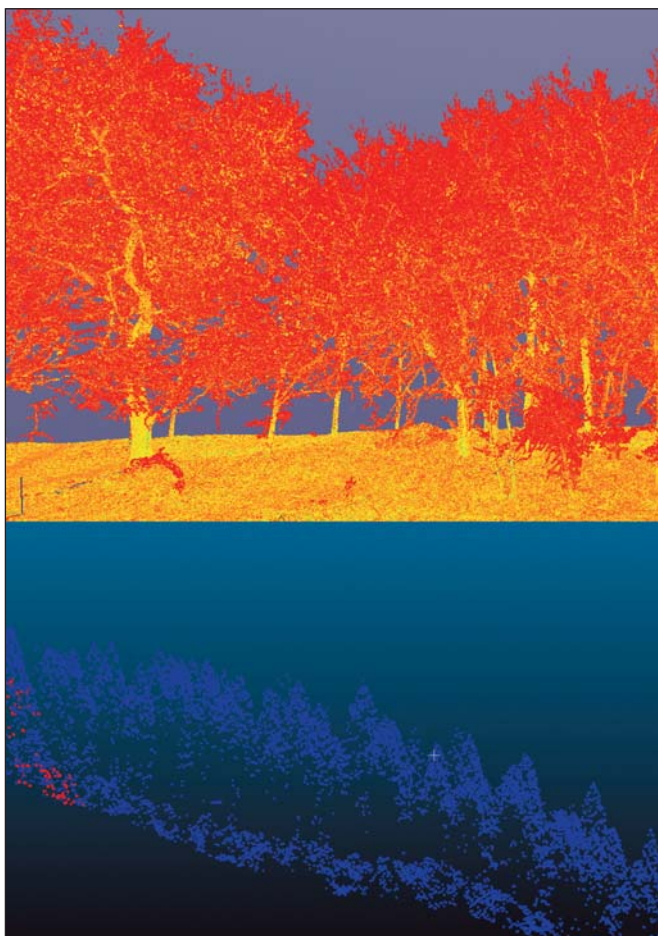
zott eszköz stb. befolyásolja –, de a hatalmas adatmennyiség lehetővé teszi, hogy a felméréndő területről nagy felbontású (deciméteres – centiméteres) háromdimenziós képet alkossunk. Panorámaképekkel kombinálva – ezt a legtöbb műszer elvégzi párhuzamosan – pedig valószínű eredményt kapunk, ún. RGB-D, mely esetében valamennyi fényképpixel rendelkezik egy távolságtértékkel is.

Számunkra kevésbé érdekes a másik mérési eljárás a fázismérés, mely fázismodulált folyamatos hullámot (*FMCW – frequency-modulated continuous-wave*) alkalmaz, ez még kevésbé elterjedt, egyik fő mozgatója az önvezető autóipar. Ugyanakkor ezen az elven működő – elsősorban katonai – radarrendszerek már régóta üzemelnek nagy hatótávolságuk és időjárás-független tulajdonságaik miatt (lásd *SRTM-SAR*).

A lézertáv mérő csak a törzstől való felálláshoz használ lézerjelet a távolság megállapítása érdekében. A második és harmadik gombnyomásra, amikor is a fa koronáját és tövét célozzuk meg, már csak a dőlésérzékelő (mint a mobiltelefonokban) működik és trigonometrikus elven számítja a fa magasságát. A különbség egy hagyományos mechanikus famagasságmérő (pl.: Suunto) és a lézertáv mérő között csupán annyi, hogy előbbi bázislap és prizma segítségével áll fel egy ismert távolságra.

ALS – Aerial Lidar Scanner – Légi lézersház

Kisrepülő alkalmazása során az eszközhöz a GNSS műholdkapcsolaton (pl.: GPS) kívül szükséges egy IMU (*Inertial Measurement Unit – inerciális mérőberendezés*) illesztése is, lévén a repülőgép folyamatos mozgásban van, sebessége, helye és helyzete X, Y és Z tengely mentén folyamatosan változik.



2. kép. Fent: TLS, lent: ALS pontfelhő

Ezekkel az adatokkal a mért lézerjeleket egyenként korrigálni szükséges a mérés pontosságának érdekében. Szintén ez a technológia biztosítja a gépkocsik tetőcsomagartóira szerelt nagy teljesítményű lézersházak pontos eredményeit. Ilyen elven működő egyszerűbb szenzorcsoporthalálható a mai okostelefonokban, mely például a kijelző elforgatásáért felel. (Samsung telefonok esetében általában ez a *#0*# szervizkóddal hívható elő).

A légi mérést célszerű lombtalan állapotban, alacsony magasságból (néhány száz méter) elvégezni és a légifényképezéshez hasonlóan itt is javasolt a pászták közötti átfedés főleg hegyvidéki terület fölött.

A többszörös visszaverődés révén a különböző lombkoronaszintekről és cserjeszintekről, valamint a talajfelszínről (utolsó) is kapunk információt. Ez optimális esetben szintenként 40-50 pontot jelenthet négyzetméterenként. Természetesen a törzsekről is lesz visszaverődés, de a mellmagassági átmérő méréséhez jelenleg nem elég sűrű még az előálló pontfelhő. Azt más módon tudjuk becsülni/számítani például a famagasság és a korona méretéből (lásd *Erdészeti Lapok* 2020. márciusi lapszám).

Hasonló a helyzet a nagy teljesítményű drónok által hordozott lidar műszerek esetében is. Hiába az alacsonyabb magasság (100 m alatt) a korlátozott kapacitás nem teszi lehetővé nagy teljesítményű szenzor hordozását. Ugyanakkor ez irányú kísérletek természetesen zajlanak, biztató eredményekkel.

TLS – Terrestrial Lidar Scanner – földi lézersház

A földi szkenner általában háromláb állványra felállítva üzemelnek, és a pár percig tartó mérést követően átállítás szükséges. Effektív hatótávuk (50–100 m körül) természetesen itt is a gyártótól, a felbontástól és az állománytól függő; szintén javasolt a lombtalan állapot.

A felállások közötti összelátás ajánlott, de nem szükséges, azt a munka határozza meg. Helyi koordináta-rendszerben képesek mérni, nem igényelnek műholdas kapcsolatot, így alkalmasak zárt állományokban és völgyekben történő munkavégzésre is.

Szükség esetén természetesen utólag illeszthetőek, georeferálhatóak ismert pontokra. A műszerek lényegében időjárás-függetlenek, de a ködöt és esőt azért kerülni kell.

A felállások közötti illesztést jeltárcsákkal, valamint illesztőgömbökkel tudjuk elvégezni manuálisan és/vagy szoftveren. Újabb eszközök ezt már optikai úton elvégzik automatikusan tárcsák nélkül. Az elv hasonló a fényképezőgépekkel/telefonokkal történő panorámakép készítéséhez csak itt három dimenzióban történik az illesztés.

Erdészeti alkalmazások

Mind a légi, mind pedig a földi lidar szkennelés eredményesen alkalmazható erdészeti feladatokra, elsősorban állományfelmérésre. Előbbi eljárás nagy területek gyors felvételezését teszi lehetővé és pontos domborzatmodellt, valamint a faegyedek pozícióját, koronaméretét és magasságát állítja elő.

Földi méréssel kis területen (pl.: mintakörben) tudunk nagy részletességgel felvételezni, gyakorlatilag bevisszük a terepet az irodába. Utóbbi esetben a mellmagassági átmérő mérhető lesz, illetve a párhuzamosan készülő panorámaképeken a fafajok azonosíthatóak.

Bárhogy is állítjuk elő, a kapott pontfelhő (*pointcloud*) az alkalmazott technológia függvényében minden egyes

pontja tartalmazni fogja a mért pont X, Y, Z koordinátáját, a jel intenzitását, a mérés idejét, valós színét és ha van, GNSS koordinátáját. Ennek a jelentős adatmennyiségnek – sok milliő pont – a kezelése az átlagosnál erősebb számítási kapacitással rendelkező számítógépet igényel (lásd: fotogrammetria). Áthidaló megoldás lehet a nyers adatok előzetes darabolása egyedi mátrixok alkalmazása, vagy a szkennelési felbontás csökkentése.

SLAM

Egy ideje már megjelentek olyan megoldások mely a két eljárás előnyös tulajdonságait ötvözik: nagyobb terület és nagy felbontás. Ezek az eszközök a mobil lézerekkel, melyek lehetnek gépjárműre, vasútra szereltek, hátizsákos és kézi megoldások is egyaránt.

Közöttük található olyan megoldásokat melyek nem igényelnek műholdas és internetkapcsolatot, számunkra ezek az érdekesebbek. Legegyszerűbb példaként a robotporszívókban megtalálható technológiát tudom említeni. A SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping – egyidejű helymeghatározás és térképezés*) használata során a porszívó egy a tetején elhelyezkedő 360 fokban forgó lidar szkennerek segítségével folyamatosan térképezi a környezetét és helyezi el magát a kétdimenziós térben, jelen esetben a lakásban. Mindezt teszi teljesen automatikusan GPS műholdak, kamera, IMU és egyéb külső vezérlés/információ nélkül, kizárólag a saját mérései és a beépített számítógépe segítségével. (A szkenneregység külön is beszerezhető alkatrészként 10–15 000 Ft körül).

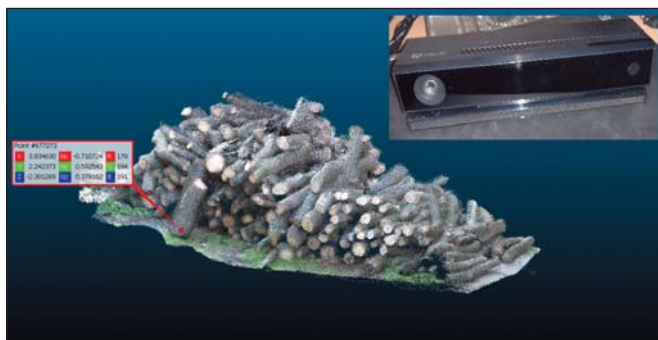
Másik példaként felhozható a Microsoft által a 2010-es években kiadott, manapság már csak használtan 25 000 Ft körül kapható Kinect V2 mélységszenzoros játékkonzol-webkamera. Némi átalakítás után (12 V kivezetés, akkumulátor üzem) és megfelelő algoritmusok alkalmazásával, plusz egy lappal a hátizsákban az eszközzel kézből három dimenzióban tudunk térképezni 4-5 méter hatótávval és 5 cm-es élességgel.

Természetesen léteznek kereskedelmi megoldások is, melyek a műholdas helymeghatározást INS (*inertial navigation system – inerciális navigációs rendszer*) alkalmazásával helyettesítik, de sok esetben GPS fogadóképesek is. Számunkra főleg a kézi, illetve hátizsákos megoldások jöhetnek szóba. Lassabban, de nagyobb felbontású végeredményt érhetünk el TLS eszköz sűrűbb felállásaival és a mérések összeillesztésével.

Az adatfeldolgozás speciális pontfelhőkezelő alkalmazásokat igényel. Erre is található nyílt forráskódú (*Cloud*



3. kép. Robotporszívó lidar egységgel – Fotó: Kovács F.



4. kép. Kinect V2-vel és SLAM-mal mért 4 m³-es sarang

Compare, 3D Forest, Computree) és számos kereskedelmi (*Leica Register 360, Lidar360, Autocad Recap stb.*) szoftvert egyaránt. Lombos fafaj-azonosítást egyelőre még manuálisan szükséges megadni a valószínű fénykép alapján.

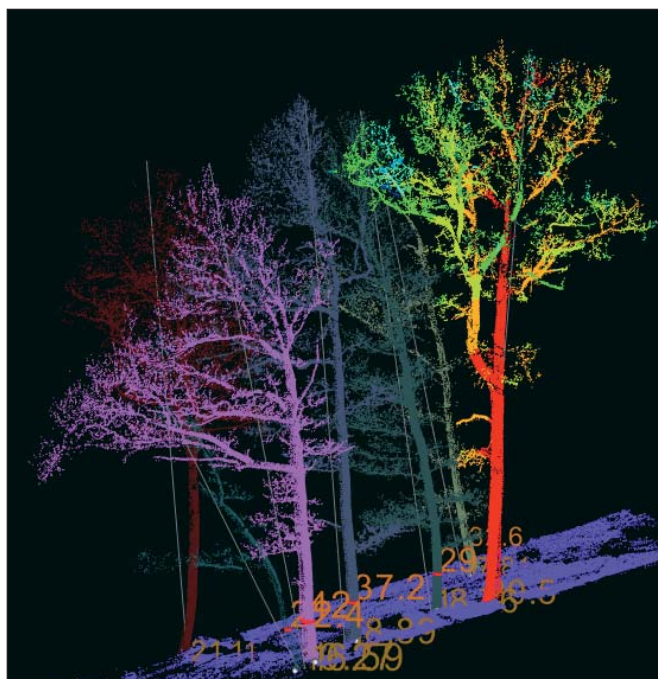
Gyakorláshoz és a technológiába történő betekintéshez publikus adatállományok (főleg légi) forrásaként javasolni tudom az <https://opentopography.org> honlapot. Ezek főleg amerikai légifelmérések metaadatokkal ellátott eredményei, de európai példákat is találhatunk.

Nincs a honlapon, de Katalónia egésze, illetve Dánia jó része is elérhető ilyen módon. TLS adatok forrásaként érdemes a <https://sketchfab.com/> oldalt felkeresni. Meg kell említeni még a Ford által márciusban kiadott, az önzetű autók által gyűjtött 1,6 TB-os nyers adatsomagot is.

A piacon sok cég kínálja megoldásait, akik számos esetben jelenleg is biztosítanak, illetve kérésre szívesen küldenek felmérési mintákat. Kifejezetten erdészeti alkalmazás még nem sok érhető el.

Megjegyzendő, hogy ezen adatok valamilyen mértékű előfeldolgozáson már átesetek (pl.: zajsűrés). Az ismerkedésre a nyílt forráskódú (lásd: *QGIS – térinformatika*) Cloud Compare-t tudom ajánlani.

A szoftver kezeli a legtöbb publikus pontfelhőformátumot (*E57, LAS, XYZ stb.*) és a beépülő modulokkal és parancsokkal sok egyedi művelet is elvégezhető vele. Ha szá-



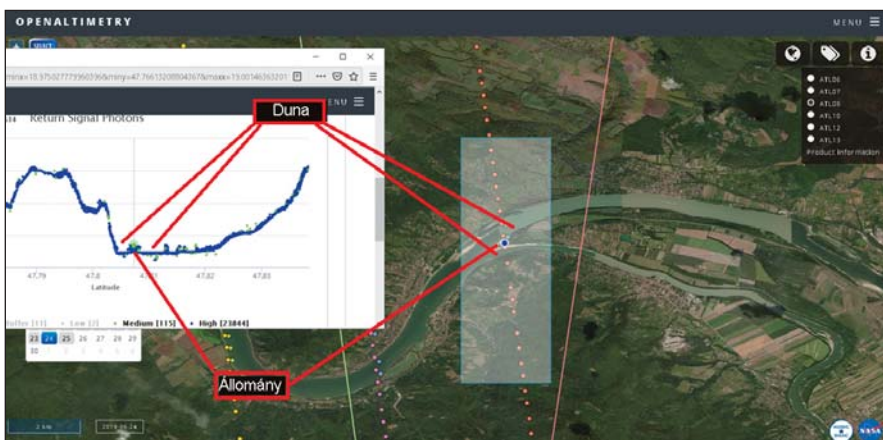
5. kép. 3D Forest – feldolgozott állományadatok, magasság, átmérő

mítógépünk nem boldogul az adatállományokkal, akkor próbáljuk meg csökkenteni a kijelölt terület nagyságát.

Számos, a földmérésben is régóta jártas (*Leica, Trimble, Riegl, Faro, CHC stb.*) cég kínál többféle komplex lézerszkennelési megoldást szoftverrel együtt, ugyanakkor sok új szereplő is megjelent főleg drón és kézi/hátizsákos (pl.: *GeoSlam*) fejlesztésekkel. Az alkalmazott érzékelők terén főleg a Velodyne és YellowScan megoldásai kerülnek beépítésre elsősorban a mobil eszközök, valamint az önvezető autók esetében.

Ahogy az várható, az árak is arányosak a teljesítménnyel. Hiába az önvezető rendszerek hajtóereje, a millió forintos árcímke alatt egyelőre alacsony a választék. A nyers szenzorok 1-2, az egyszerűbb megoldások 5 és a felső-középkategóriás TLS-ek 15 millió forintos induló árán túl a légi-, és földi járműre szerelt megoldások az előbbi értékek sokszorosába kerülhetnek. Itt már inkább megbízási szerződések jöhetnek szóba, főleg a szükséges engedélyek, valamint a működési-, és fenntartási költségek miatt.

Szót kell ejteni még a műholdas megoldásokról is, melyek főként tudományos céllal pásztázzák bolygónkat néhány 10 000 pont/s sebességgel, de több száz km magasból. Az óceánkutató



6. kép. ICESAT 2 – Dunakanyar

kutató lézerszkennerek mellett biomasszamérést végez az ISS – GEDI (lásd *Erdészeti Lapok* 2020. februári lapszám), illetve elsődlegesen (de nem kizárólagosan) a sarkvidéki jégsapkák olvadását méri az ICESAT 1-2.

Összefoglalva: a technológia létezik, mind a légi, mind a földi megoldások erdészeti alkalmazása lehetséges, azok egymást kiegészíthetik. A közelben Brno és Brassó, itthon pedig Sopron mellett az ERTI és az MTA kísérletezik az erdészeti alkalmazás lehetőségeivel.

(A cikkanyag szakmai előadásként 2020. február 25-én az OEE Örökerdő Szakosztály rendezvényén hangzott el.)

Átlátható rendszer az osztatlan közös földtulajdonban

Az osztatlan közös földtulajdon megszüntetését segítő törvényjavaslat lehetővé teszi, hogy az érintett csaknem két és fél millió hektár föld jogi sorsát egyértelműen lehessen rendezni. A változás legalább három és fél millió földtulajdonost érint, a tervezet számukra is méltányos és gyors megoldást kínál arra, hogy önálló földtulajdonhoz jussanak – hangsúlyozta Nagy István agrárminiszter a Parlamentben.

A benyújtott törvényjavaslat segíti a tiszta, átlátható földtulajdoni szerkezet kialakítását, és megoldást jelent a helyzet szülte kényszerközösségek megszüntetésére. Ennek elsődleges formája továbbra is az ingatlan megosztása, és az így kialakult tulajdoni hányadok önálló ingatlanná alakítása.

A megosztás alapját kizárólag a tulajdonostársak egyezsége jelentheti, az egyhangú megállapodást viszont sok esetben lehetetlen létrehozni. Éppen ezért a törvényjavaslat tartalmazza, hogy az egyezséghez elegendő az érintettek tulajdoni hányad szerint számított egyszerű többségének, vagyis 50%+ 1-ának a megállapodása.

Nagy István hozzátette, odafigyeltek a kisebbségbe kerülő tulajdonostársak érdekeinek védelmére is. Így a megosztás megkezdéséről minden tulajdonostársat igazoltan értesíteni kell, továbbá a kormányzati portálra is felkerülnek az érintett ingatlanok adatai.

A megosztás során kizárólag mező-, illetve erdőgazdasági művelésre alkalmas ingatlanokat lehet kialakítani. Egyes tulajdonostársak – például házastársak – létrehozhatnak közös tulajdont, de akarata ellenére erre senki sem kötelezhető.

A megosztási folyamat zavartalanágát szolgálja, hogy a



törvényjavaslat 90 napos változtatási tilalmat vezet be, ezalatt az ingatlan tulajdoni lapján – a kisajátítást kivéve – semmilyen változtatás nem történhet.

A tárcavezető felhívta a figyelmet, hogy az Agrárminisztérium célja a birtokelaprózódás megszüntetése, ezért továbbra is meg kell határozni a megosztással kialakítható ingatlanok minimális méretét. A tervezet szerint az ennél kisebb tulajdoni hányadok sem maradnak közös tulajdonban, azokat valamelyik tulajdonostársnak kell legalább az értékbecslés szerinti áron megváltani. Ezek a tulajdonosok tehát ellenszolgáltatást kapnak, ahelyett, hogy életképtelen méretű vagy tulajdonosi szerkezetű területek alakulnának ki.

A törvényjavaslat elfogadásával egy több évtizedes birtokpolitikát érintő probléma oldódhat meg, amely elősegíti a mezőgazdaság versenyképességének növekedését – emelte ki a miniszter.

Forrás: **AM Sajtóiroda**

Fotó: **Burger Barna/termesztjaro.hu**