

Sándor Zsolt

Az áruszállító drónok megjelenése okozta kihívások a légi közlekedési rendszerben

A pilóta nélküli légi járműveket egyre több iparág használja. A szolgáltatóiparban újabb, korábban nem létező szolgáltatások jelennek meg. Az alkalmazott eszközök technológiai fejlődése lehetővé teszi, hogy ma már ne csak adatgyűjtésre, hanem szállítási feladatok ellátására is használják ezeket. Lényeges, hogy a potenciális hasznokon kívül, az eszközök megjelenésével és tömeges elterjedésével járó kihívásokról és potenciális negatív hatásokról is beszéljen a szakma. Jelen cikkben feltárom és részletesen bemutatom ezeket a problémákat a lehetséges megoldásokkal együtt.

Kulcsszavak: áruszállító drón, drón, UAV, UAS, drónjogszabály, drónműveletek

1. Bevezetés

A pilóta nélküli légi járművekhez kötődő piac folyamatosan növekvő kapitalizációval rendelkező terület, amelynek globális értéke 2021-ben a becslések alapján elérte a 127 milliárd USA dollárt [1]. Az eszközökre szűkített piac globális mérete a 2018 és 2024 közötti 6 évben 14 milliárd USA dollárról várhatóan 43 milliárd dollárra fog növekedni, és ezáltal világszerte várhatóan 100 000-nél is több új munkahely fog létrejönni [2].

Míg a pilóta nélküli légi járművek korábbi fejlesztései a legfőbb felhasználási területeire, az adatgyűjtésre és monitoringra koncentráltak, addig a mai fejlesztések igen jelentős része az aktív közreműködésre és beavatkozásokra vonatkozik. Az új megoldások az UAS-ok olyan új felhasználási formájának kialakítását támogatják, amelyek által az eszközök tevőlegesen hozzá tudnak járulni a közúti közlekedés által okozott torlódások és az ezekkel járó egyéb negatív hatások mérsékléséhez [3].

A műszaki és technológiai fejlesztések hatására ezek az eszközök a közeljövőben a közlekedési infrastruktúra szerves részét fogják képezni, és általuk a jelenlegi közúti túlsúlyú szárazföldi szállítási módok drasztikusan megváltozhatnak. Mivel ki tudják használni a tér 3 dimenziójában való mozgást, így a közúti kapacitáskorlátok (szűk keresztmetszetek) – formai torlódások – feloldhatóvá válnak.

A szállítási igények egyre gyorsabb kielégítése csak új megoldások révén valósítható meg. Ennek szerves része a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek alkalmazása, amelyeket már napjainkban is használnak speciális szállítási feladatok ellátására (például gyógyszerek, vakcinák, orvosi eszközök célba juttatására) olyan helyszíneken, ahol nem áll rendelkezésre megfelelő minőségben közúti hálózat [4], [5], [6], [10].

A pilóta nélküli légi járművek használatával támogatott logisztikai szektor globális piaca folyamatosan növekszik, és az előrejelzések szerint a 2019-es 5,3 milliárd dolláros értékről 2026-ra várhatóan 11 milliárd dollárra fog nőni [7].

Jelen cikk témáját a kereskedelmi áruszállításban megjelenő drónok adták, ugyanis alkalmazásuk a potenciális előnyökön túl számos kérdést is felvet, amelyeket érdemes légi közlekedési, környezetvédelmi és logisztikai szempontokból is megvizsgálni. Ezek olyan kihívások, amelyeket kezelni kell, különben a használatuk ellehetetlenül, illetve kedvezőtlenül befolyásolják a légi közlekedés egyéb szereplőit, valamint torzíthatják a kereskedelmi szolgáltatásokat is.

Az elmúlt néhány évben sokat lehetett hallani és olvasni arról, hogy a nagy, nemzetközi áruszállítással és csomagkiszállítással foglalkozó cégek intenzív lépéseket tettek annak érdekében, hogy az úgynevezett „utolsó kilométer logisztikájára” („*last mile logistics*”) és az innovatív áruszállítási igényekre megoldást találjanak. Az Amazon, a DHL és a Google is jelentős forrásokat fordított arra, hogy a pilóta nélküli légi járműveket fel tudják használni a jövőben a légi áruszállításban és ezáltal áttörést érjenek el.

A témát mindenképpen fel kell tární, ugyanis kiemelt jelentősége van az innovációnak a szállítási folyamatok utolsó fázisában, amikor a csomag a raktárból a fogyasztóig eljut. Ez azért ennyire jelentős, mert ez az ellátási lánc legidőigényesebb, legköltségesebb és egyben leginkább környezetszennyező fázisa (egy-egy kiszállítandó csomagra fajlagosan számítva), és a teljes szállítási költségek ~50%-át teszik ki. A pilóta nélküli légi járművekkel megvalósított csomagszállítás piaca igazi forradalom előtt áll. Az előrejelzések szerint a légi járművekkel megvalósított áruszállítási piac globális mérete 2027-re eléri a közel 7,4 milliárd dollárt, átlag 41,8%-os éves növekedési ütemmel [8]. Más elemzések évenkénti 50% feletti bővüléssel számolva, 2028-ra 31 milliárd dolláros globális piaci kapitalizációval számolnak [9].

A fejlesztések mögött elsősorban nemzetközi szállítmányozással foglalkozó közúti dominanciával rendelkező cégek és nagy repülési tapasztalattal rendelkező gyártócégek állnak [8]. A cégek a fejlesztéseiktől azt várják, hogy a légi járművekkel megvalósuló áruszállítással a folyamat gyorsabb és zöldebb/környezetbarátabb lesz, mint a hagyományos közúti szállítás.

A fejlesztések hatására olyan megoldások alkalmazása kerül előtérbe, amely biztosítja, hogy a pilóta nélküli eszközök elektromos vagy a későbbiekben esetleg hidrogénmeghajtásúak legyenek, így elérhetővé válik, hogy használat közben ezek a légi járművek nem bocsátanak ki káros anyagot, a közlekedésük során a tér mind a három dimenzióját ki tudják használni, így a forgalmi torlódások nem akadályozzák haladásukat. Az áruszállító drónok további előnye, hogy rövid idő alatt repülésre kész állapotba hozhatók, azaz gyorsan elhelyezhető rajtuk a rakomány, az akkumulátor cseréje néhány másodperc alatt elvégezhető, és az indítása is könnyen és zökkenőmentesen megvalósítható [30].

2. Kihívások

Az áruszállító drónokkal kapcsolatos fejlesztések, az esetek túlnyomó többségében csak az előnyöket mutatják be. Azt hangsúlyozzák, hogy ezek az alkalmazások pozitívan járulnak hozzá a környezetvédelemhez, ugyanis felhasználásuk zöld és környezetbarát, így lehetővé teszik a gyors és megbízható áruszállítási szolgáltatások kialakítását. Így a széles körű iparági ismeretekkel nem rendelkezők körében téves kép alakul ki erről a szolgáltatásról. A sok

pozitívum mellett ezeknek a megoldásoknak is vannak negatív oldalai. Nem szokott szó esni azokról a műszaki, jogi és szabályozási kihívásokról, amelyek a használatukkal összefüggésben megjelennek. Ezek annál jelentősebbek lesznek, minél inkább elterjednek az ilyen szolgáltatások, ugyanis az alacsony magasságon áruszállítási tevékenységet végző eszközök jelentős mértékben befolyásolják a légi közlekedési szektor működését. Ezen túlmenően a gyártással és üzemeltetéssel kapcsolatosan is megjelennek olyan igények, amelyek kielégítéséhez olyan speciális környezetre van szükség, amelyek a vélt előnyöket akár teljes mértékben felülírják.

Jelen cikkben több tényező vizsgálatával mutat rá a szerző arra, hogy a pilóta nélküli légi járművekkel megvalósított áruszállítási feladatok rentabilitásához és nagyarányú elterjedéséhez, valamint a biztonságos üzemeltetés megvalósításához számos további fejlesztésre vagy éppen szemléletformálásra van szükség. Ezek műszaki, jogi, szabályozási, szociológiai és pszichés tényezők, amelyek kihívásként azonosíthatók.

A szerző a cikkben a kihívásokat az alábbi tényezők szerint vizsgálja:

- infrastrukturális kihívások (légi és földi eszközök, alkatrészek, életciklus);
- energia-szemponjú kihívások (elektromos energia forrása, költsége és felhasználása);
- keresleti és kínálati kihívások (társadalmi hozzáállás, fizetőképes kereslet és társadalmi igények egy ilyen szolgáltatásra);
- jogszabályi kihívások (felhasználási lehetőségek);
- fizikai hozzáférhetőség jelentette korlátok;
- légi közlekedési szereplőkre gyakorolt hatások (hagyományos légi közlekedésre gyakorolt korlátozó hatások, vagy éppen fordítva, a hagyományos légi közlekedés által okozott korlátok).

Az egyes tényezők jobb megértése érdekében a szerző számos alkalmazási és számítási példa segítségével szemlélteti a korlátozó tényezők hatását.

2.1. Infrastrukturális kihívások

A drónos infrastruktúra az alábbi részekre bontható:

- *pilóta nélküli légi jármű(vek)*: ez maga az áruszállító drón, amely elvégzi a szállítási feladatot a depó/csomagraktár és a rendeltetési helyszín (célpont) között;
- elsődleges infrastruktúra: a repülési művelet közvetlen lebonyolításához szükséges eszközök és szolgáltatások összessége, amelyek biztosítják, hogy a jármű az adott repülési műveletet el tudja végezni. Ez magában foglalja az alábbiakat:
 - földi repülésüzemi infrastruktúra: kiszolgáló helyszínek és az ott használatos berendezések, valamint szolgáltatások (fel- és leszállóhelyek, adott esetben indító és fogadó berendezések, művelet felkészítéséhez szükséges eszközök – akkumulátorok töltését biztosító eszközök stb.);
 - légi oldali alap-infrastruktúra: légi közlekedési rendszer működéséhez szükséges berendezések és szolgáltatások összessége (kommunikációs rendszer, légtér, navigációhoz szükséges eszközök stb.);
 - üzemirányítási alap-infrastruktúra: az áruszállítási szolgáltatás lebonyolításához szükséges irányítási rendszerek és komponenseinek összessége (személyzet + üzemirányítói központ).

- *másodlagos infrastruktúra*: a járművek kiszolgálásához, karbantartásához szükséges eszközök és maga a karbantartó bázis, oktatási létesítmények, szimulátorok stb.

2.1.1. Pilóta nélküli légi jármű-rendszerek jelentette kihívások

Lényeges, hogy a pilóta nélküli légi jármű-rendszerekkel foglalkozó iparág jelentős mértékben fejlődött az elmúlt évtizedben. A drónos áruszállítás megvalósítása érdekében korábban leküzdhetetlennek tűnő problémákra kellett műszaki és technológiai megoldásokat találni. Napjaink leginkább kurrens és leginkább kutatott témája az, hogy megoldást találjanak a repülésbiztonság szempontjából kritikus tényezőkre. Ez különösen jelentős a drónnal megvalósított áruszállítási szolgáltatások esetén, ahol a szolgáltatással lefedett terület nagysága és a művelet jellege miatt azokat látótávolságon túli üzemben és teljesen autonóm módon hajtják végre.

Ez igényli a fejlett és magas fokú automatizáltsággal rendelkező fedélzeti elektronikai rendszer rendelkezésre állását, amely a felszállási és a rendeltetési pont között képes emberi beavatkozás nélkül, autonóm módon végrehajtani a repülési műveleteket, azonosítva az összes veszélyforrást és akadályt, így biztosítva a megfelelő biztonsági intézkedések végrehajtását azok felbukkanása esetén.

Üzemeltetési szempontból az egyik legnagyobb kihívást az alkalmazott eszközök kapacitáskorlátjai jelentik. Ezek megnyilvánulnak a szállítható csomag maximális tömegében és méretében, valamint a maximális szállítási hatótávolságban. A szolgáltatást minden esetben jól meghatározott flottával bonyolítják le, amely pontosan meghatározható teljesítményparaméterekkel rendelkezik.

Ezek közül az alábbiak a legfontosabbak a szolgáltatás tervezéséhez (eszközök maximális kihasználtságának tervezése):

- a légi jármű egyetlen feltöltéssel – egy akkumulátorral – mennyi idő alatt, maximum mekkora távolságot tud megtenni;
- mekkora a szállítható csomag maximális tömege és mérete;
- mennyi ideig tart a kézbesítési helyszínen a csomag célba juttatása;
- a jármű visszatérését követően milyen gyorsan lehet újra bevetni (mennyi idő az akkumulátor cseréje vagy feltöltése és az újabb kiszállítandó csomag elhelyezése);
- van-e lehetőség arra, hogy úgynevezett körjáratot teljesítsen az eszköz (kézbesítést követően újabb csomagot vesz fel és kézbesíti is azt, a depóba való visszatérést megelőzően);
- tud-e egyszerre több, különböző címekre kézbesítendő árut szállítani.

A napjainkban alkalmazásra tervezett eszközök csak kiszállítani és visszatérni tudnak, így egy-egy művelet esetén a szállítási kihasználtság időalapra vetítve maximum 50%-os tud lenni (alkalmazási példákat lásd következő fő fejezetben). A kézbesítés és a visszatérést követő újbóli felkészítés is időt vesz igénybe, ez tovább csökkenti a kihasználtságot. Így a legjobb esetben is effektív csomagszállítás maximum az üzemeléssel töltött idő 40–45%-ában teljesül.

A szolgáltatással érintett aktív időszak meghatározása függ a szolgáltató üzletpolitikájától, a nappalok hosszától és az időjárástól. A kiszállítás világosban, a működés szempontjából kedvező időjárási körülmények között kell hogy megvalósuljon, amikor az ügyfél fogadni tudja az érkező árut, ellenkező esetben az átvétel nem tud megvalósulni. Ez tovább csökkenti

a szolgáltatás kihasználtságát, mivel az év minden napján 12–16 órában (például reggel 8 és este 10 között) folyamatosan nem állnak rendelkezésre kedvező üzemeltetési körülmények.

Jelenleg a drónok csak korlátozottan tudnak részt venni az áruszállításban. Az eszközök maximum 1–2 kg-os kis méretű – könyv méretű – csomagot tudnak szállítani. Léteznek nagyobb teher szállítására alkalmas eszközök (5–10 vagy akár 20–30 kg), de azokkal kiskereskedelmi áruszállítást nem lehet megvalósítani a kialakításuk miatt (nem multikopter kialakításúak, hanem merev szárnyúak). Az általuk megtehető távolság függ a maximális horizontális üzemi sebességtől és az akkumulátorok kapacitásától, valamint az emelt teher nagyságától. Átlagosan kijelenthető, hogy egy multikopter kialakítású eszköz 15–20 percet tud a levegőben tartózkodni a megadott maximális teherrel [11], [15].

A drónos áruszállítást a közútival szembe állítva látható, hogy mennyivel nagyobb az időjárás kiüttsége, és mennyivel alacsonyabb egy-egy járműre vonatkoztatva a kihasználtsága.

További szempont az eszközök bekerülési és üzemeltetési költségei. Egy drón és egy áruszállító tehergépjármű között nagyságrendnyi különbség is előfordulhat a beszerzési árak tekintetében (különösen elektromos meghajtású jármű esetén, amely akár 5–10–20 drón árával egyenértékű). Ellenben a közúti jármű kapacitása több nagyságrenddel nagyobb, így bevételtermelő és szállítási képessége is magasabb. Az üzemeltetési költségek szempontjából jelentős eltérés mutatkozhat, ugyanis pilóta nélküli légi járművek esetén az alábbiakkal kell számolni: elektromos töltés ára, karbantartási költségek, irányítórendszer kialakításának és folyamatos üzemeltetésének költsége, felügyeleti személyzet költsége, adminisztrációs költségek, biztosítási díjak, repülésbiztonsági rendszer és compliance monitoring (megfelelőség felügyelet) megoldások¹ folyamatos működtetésének költségei, egyéb rendszerhasználati díjak stb. Mivel a légi jármű nagyságrendekkel kevesebb árut képes szállítani, így a magas üzemeltetési költség viszonylag kevés tétel között oszlik szét, ami magas szállítási költséget eredményez.

2.2. Példa a drónokkal megvalósított áruszállítási szolgáltatás produktivitására

Az áruszállítás naponta 8 és 20 óra között valósul meg. Feltételezve, hogy a drón, a működéssel érintett területen óránként átlagosan 1,5 csomag kiszállítását tudja végrehajtani (15–15 perc repülés és 5–5 perc a csomag leeresztése és az újbóli repülésre való felkészülés), így 12 óra alatt 18 csomag szállítása valósul meg egy eszköz által, miközben a repült ideje 8 óra. Ha a sebességet növeljük és az egyéb időszükségleteket csökkentjük, és 12 óra alatt 24 csomag célba juttatását meg lehet valósítani, még az is kevés, mivel egy kisteherautóval ennyi csomagot akár pár óra alatt is kézbesíteni lehet. Továbbá a drón a visszaúton üresen közlekedik, így a kapacitáskihasználtsága maximum 50% a hasznos időalapra vetítve.

Az elemzés szempontjából érdemes további műszaki szempontú tételeket figyelembe venni. Számításba kell venni, hogy a légi jármű előállításának és az alkatrészek életciklusának milyen hatásai vannak a környezetre.

¹ Mindazon tevékenységek összessége, amely különböző eszközök segítségével biztosítja (például képzés, audit, szemlék, ellenőrzések, hatósági támogatás), hogy a műveleteket a mindenkor hatályos jogszabályok és előírások alapján végezzék el. Ez különálló, de kötelező szervezeti funkció, amely összekapcsolja az operációt és a jogi szabályozást, a képzést és a fejlesztést.

A törzs, konténment és hajtóművek viszonylag ellenállóak a környezeti tényezőknek (időjárás, mechanikai igénybevétel stb.). A forgószárnyakat meghatározott időnként vagy sérülés észlelése esetén cserélni kell. Ezek jellemzően műanyag, szénszálak kompozit alkatrészek, amelyek könnyen és gyorsan legyárthatók és cserélhetők, műanyag hulladékként való kezelésük megoldható. Környezetvédelmi szempontból a legérzékenyebb alkatrész az akkumulátor. Ezeket minden műveletet követően fel kell tölteni vagy a visszatérő drónba egy teljesen feltöltött darabot kell behelyezni. A töltés jellemzően a dróntól elkülönítetten zajlik. Így az akkumulátor-életciklusok rendkívül gyorsan növekednek, és a gyártói garanciavállalások csupán néhány 100 ciklusra vonatkoznak. Felette az adott akkumulátor használata repülési műveletekhez már nem biztonságos, gondoskodni kell azok hulladékként való elhelyezéséről. Emiatt a drónos szolgáltatások jelentős hulladékmennyiséget képezhetnek, és ezek megfelelő és szakszerű kezeléséről gondoskodni kell, azok kommunális hulladékként nem helyezhetők el.

Példaként használjuk a korábban említett számértékeket, kiegészítve azzal, hogy a gyártó 500 ciklusban állapította meg a használati korlátot. Amennyiben 18 műveletet teljesít a drón egy nap alatt, úgy 28 repülési naponként kell cserélni egy-egy akkumulátort. A valóság ennél összetettebb. Folyamatos üzemelést feltételezve egy eszközhöz több akkumulátor tartozik, attól függően, hogy mennyi idő alatt lehet feltölteni azokat. Jellemzően 1–2 óra alatt hagyományos – nem gyors – töltéssel is el lehet érni a maximális kapacitást. A példában egy drónhoz 4 db akkumulátor áll rendelkezésre. Ennek alapján 2000 műveletenként keletkezik gépenként 4 db hulladék akkumulátor. Ez átlagolva havonta egy darab. A számítások alapja a jelenleg elérhető technológiához kapcsolódik. Figyelembe kell venni azt is, hogy gyorsított alkalmazásával az elhasználódás alacsonyabb ciklusszámnál is jelentkezik, ami gyakoribb cserét igényel.

Amennyiben a szolgáltatás világszerte felfut, és több ezer áruszállító drón jelenik meg, úgy évente több tízezer darabnyi (sok ezer tonnányi) akkumulátor jelenik meg mint hulladék. Ezek biztonságos ártalmatlanításáról vagy újrafelhasználásáról gondoskodni kell.

2.2.1. Elsődleges és másodlagos infrastruktúra jelentette kihívások

A szolgáltatás működtetéséhez szükség van logisztikai központokra, ahonnan az eszközök a repülési műveletet el tudják kezdeni és irányítóközpontra, ahonnan a szolgáltatás irányítása és felügyelete megvalósul. Míg irányítóközpontból elegendő akár egy is, addig logisztikai központból többet kell telepíteni, illeszkedve az alkalmazott drónok hatótávolságához és a szolgáltatással lefedendő terület méretéhez, valamint az alkalmazni kívánt drónok darabszámához.

Ennek értelmében nem elegendő 1–1 nagyobb logisztikai központot telepíteni egy-egy régióban, hanem jóval többre lesz szükség. Ez növeli a beruházási és üzemeltetési költségeket (több épületet kell építeni, több munkavállalóra van szükség, növekszik a fenntartási költség, így a szolgáltatáshoz kapcsolódó fix költségek is emelkednek). Ez jelentős kihatással lesz a fajlagos költségekre is. Figyelembe kell venni, hogy az infrastruktúra kiépítésének költsége több nagyságrenddel magasabb, mint a járművek beszerzési és üzemeltetési költségei. Amennyiben kombinált (közúti és légi) szállítási megoldásokra használják az így kialakított létesítményeket, akkor azzal részben keresztfinanszírozni lehet a légi áruszállítási szolgáltatást, így csökkenthető a fajlagos költség.

Környezetvédelmi szempontból azonosíthatók a negatív hatások, ugyanis a logisztikában korábban alkalmazott kedvező méretgazdaságossági szempontok sérülnek. A több épület több energiát igényel, ami ha nem zöld forrásból áll rendelkezésre, akkor jelentősen növeli a környezeti terhelést.

Továbbá a kisebb központokba, a korlátozott tárolókapacitás miatt gyakrabban kell árut beszállítani, így a több, de kisebb logisztikai raktár a hagyományos közúti áruszállítási igényeket is növeli. Ezek kielégítését jellemzően nagyobb, hagyományos fosszilis tüzelőanyaggal hajtott tehergépjárművekkel végzik, mivel még nem áll rendelkezésre kellő számban elektromos meghajtású változat.

2.3. Energia-szempontú kihívások

A környezetvédelmi szempontok teljesülése érdekében fontos, hogy a pilóta nélküli légi járművek üzemeléséhez szükséges energiát zöld forrásból fedezzék, és ezek ára versenyképes legyen. Elektromos meghajtású eszközök esetén ez megújuló forrásból származó áramot jelent, nem elektromos meghajtás esetén (például hidrogén) olyan forrást kell alkalmazni, amely biztosítja, hogy a meghajtó energia zöld vagy környezetbarát forrásból származzon [29].

Amennyiben a meghajtáshoz szükséges energia nem zöld és megújuló forrásból származik, akkor annak ellenére sem lehet környezetbarát szállítási megoldásnak tekinteni a drónos áruszállítást, hogy a felhasználási helyszínen károsanyag-kibocsátás nem történik. Számos törekvés létezik, hogy az innovatív megoldásokhoz kifejezetten zöld forrásból származó elektromos energiát vagy energiahordozót használjanak, azonban az ezekhez való hozzáférés korlátozott. Megoldást jelenthet, ha a szolgáltatók saját megújuló (például nap- és/ vagy szél-) erőműveket telepítenek, amelynek termeléséből fedezni tudják a szolgáltatáshoz szükséges energiaigényüket. A drónos áruszállításokhoz kapcsolódóan energiaigény az alábbi területeken jelentkezik:

- járművek közvetlen energiaigénye (akkumulátorok töltéséhez szükséges energia) – akkumulátorok folyamatos töltésének igen jelentős energiaigénye van;
- elsődleges és másodlagos infrastruktúrák üzemeltetéséhez szükséges energia (logisztikai központok, üzemirányítási központ közvetlen energiaigénye).

Az energiaigényeknél figyelembe kell venni, hogy a szolgáltató milyen áron jut hozzá 1 kWh villamos energiához. Amennyiben a cég érdekelt a zöld és megújuló forrás alkalmazásában, akkor hajlandó akár magasabb összegeket is áldozni az ilyen módon megtermelt áramért. Amennyiben elsődleges célja a költségek csökkentése és a minél olcsóbb üzemeltetés, akkor az energia-előállítás módja számára irreleváns. A magasabb áramár viszont kihat a szolgáltatás árára, így azt végső soron a szolgáltatást igénybe vevőkkel fizettetik meg.

Környezetvédelmi és energetikai szempontból jelentős előrelépést jelenthet a hidrogén-meghajtással rendelkező eszközök jövőbeni megjelenése és elterjedése. Ehhez ki kell alakítani a zöld forrásból származó hidrogén előállítási módját, és olyan technológiai megoldásokat kell találni, amelyek lehetővé teszik a hidrogén fedélzeten történő biztonságos tárolását és felhasználását. A hidrogén energiasűrűsége jóval nagyobb, mint egy hagyományos akkumulátoré, így az ilyen technológia jóval nagyobb rugalmasságot tud majd a jövőben biztosítani a drónos áruszállítási szolgáltatások számára. További megoldásokkal is kísérleteznek, mint

például az automata dokkolós akkumulátorcsere, a lézersugaras repülés közbeni újratöltés és az egyéb hibrid üzemű megoldások kombinációja (üzemanyagcellák, napelemek és szuperkondenzátorok kombinálása) [11].

A jelenleg elérhető és alkalmazott lítiumion-akkumulátorok korlátozzák a szolgáltatások elterjedését, ugyanis a kapacitásuk nem teszi lehetővé a hosszú távú repüléseket. A területen a fejlesztések folyamatosak, és várható, hogy 2025-re a 2020-as évek elején mért akkumulátorkapacitások megduplázódnak. Azonban még így is elmaradnak a belső égésű motorok által nyújtott lehetőségektől, és pontosan emiatt nem tud hatékony és versenyképes alternatívája lenni a drónos áruszállítás a közútinak [12].

2.4. Keresleti és kínálati kihívások

A jelen cikk témájául szolgáló áruszállítási szolgáltatások még kialakulófélben vannak, és csak egy-egy nagyobb csomagszállítással foglalkozó vállalat kezdett el kísérleti jelleggel ilyen megoldásokat kínálni a kiskereskedelmi áruszállításban. Azt lehet mondani, hogy ez a szolgáltatás is a Gartner-hiperciklusgörbe elején helyezkedik el, ahol még a kutatás-fejlesztés és az első körös kereskedelmi megoldások találhatóak [13], [16], [17].

A szolgáltatás iránti kereslet több tényezőtől függ. Ilyen az ár, a valós kiszállítási lehetőség igénybevételének módja (fizikai hozzáférés – lásd következő fejezet), a drónos kiszállítással elérhető árucikkek mennyisége, a szállítás gyorsasága, illetve a társadalom érzékenysége az újdonságokra [31].

Az innováció felfutásának kezdeti szakaszában, amikor az árak magasak – az innovációs költségek fedezésének igénye miatt –, azt csak a kíváncsi, technológia iránt érdeklődők fogják igénybe venni, így a kereslet alacsony lesz. A szolgáltatás életciklusának előrehaladásával és a szolgáltatáshoz való hozzáférés bővülésével az árak konszolidálódnak, viszont a technológia összetettsége, a bekerülési és üzemeltetési költségek magas szintje, valamint az alacsony kapacitáskihasználtság miatt a közúti áruszállítási díjakat nem fogja megközelíteni. A fajlagos költségek a légi áruszállításban jóval magasabbak lesznek, mint a közúti alágazatban, ugyanis a szolgáltatás működtetéséhez komplexebb és drágább költségintéző megoldásokat kell folyamatosan biztosítani (repülésbiztonsági menedzsmentrendszer, compliance monitoring rendszer, karbantartóbázisok, irányítóközpont, részletes adminisztráció, a repülés lebonyolítását biztosító kapcsolódó rendszerek üzemeltetése, speciálisan kiképzett személyzet, tréningek stb.).

A keresleti igényeket növelheti az extra gyors kiszállítás, amelyet kínálati oldalról a lefedettség növelésével lehet javítani. Utóbbi azonban jelentős költségtöbbletet jelent a sűrűbb elhelyezkedést igénylő logisztikai központok miatt.

Az elérhető információk alapján az Amazon például 63 dollárért kínál egy kiszállítást, ami 400 Ft-os árfolyam esetén 25 000 Ft [14]. Ez az összeg a hagyományos közúti szállítás körülbélül hússzorosa. Felmerül a kérdés, hogy a költségtöbblet összemérhető-e a 30–60 perces kiszállítás nyújtotta előnnyel, figyelembe véve, hogy 2,5 kg-nál nehezebb csomagot jelenleg nem tudnak kézbesíteni.

2.5. Fizikai hozzáférhetőség jelentette korlátok

A kiskereskedelmi áruszállításban kísérleti jelleggel alkalmazott pilóta nélküli légi járművek meglehetősen korlátozott területen tudnak szállítási műveleteket végrehajtani. Lényeges, hogy egymáshoz képest megfelelő közelségben helyezkedjen el a depó és a kiszállítási helyszín, továbbá a rendeltetési helyszín legyen alkalmas a légi járművel való kézbesítésre is. A rendeltetési helyszínen a drón a fizikai kézbesítést a csomag leeresztésével vagy ledobásával valósítja meg, így a helyszíneknek alkalmasnak kell lennie arra, hogy ott a csomag légi úton elhelyezhető legyen. Sűrű, belvárosi környezetben, többemeletes bérházak környezetében ez nem megvalósítható. Így a szolgáltatással érintett helyszínek elsősorban azokra a külvárosi és kertvárosi helyszínekre korlátozódnak, ahol a „ledobás” biztonságos.

Az áruszállítási műveletekkel érintett területek légi közlekedési szempontból összetett légtérstruktúrájú környezetben is lehetnek. Ez már önmagában is jelentősen gátolja a szolgáltatáshoz való hozzáférést és a szolgáltatás megvalósítását is, mivel akár fél városnyi területek is No Drone Zone-ba vagy ellenőrzött légtérbe eshetnek. Erre megoldás, ha az áruszállító pilóta nélküli légi járművek közlekedését integrálják a hagyományos légi közlekedési rendszerbe, ami az UTM-rendszerek² megjelenésével lesz megvalósítható.

2.6. Jogi kihívások

Az áruszállítási műveletek jellegükből adódóan minden esetben autonóm művelet keretében, látótávolságon túli üzemeléssel valósulnak meg, ahol egy irányítóközpontból látják el légi járművek közvetlen irányítását és közlekedésük felügyeletét. Az autonóm működés azt jelenti, hogy a művelet végrehajtása során a pilóta nélküli légi jármű a távpilóta beavatkozási lehetősége nélkül működik. Ez alól kivételt jelent a sürgősségi eljárások alkalmazása [18], [19]. Tekintettel arra, hogy egy áruszállítási szolgáltatás megvalósítása során nincs lehetőség arra, hogy minden egyes eszközt dedikált távpilóták irányítsanak, így csak autonóm megoldással lehet biztosítani a szolgáltatást. Ez azonban további repülésbiztonsági követelmények bevezetését teszi szükségessé, mivel minden esetben biztosítani kell a biztonságos működést, még akkor is, ha előre nem látható akadály, meghibásodás vagy probléma lép fel. Az autonóm rendszerek humán közbeavatkozás nélkül – az önvezető autókhoz hasonlóan – képesek azonosítani és elkerülni a repülési útvonalba eső statikus és mozgó akadályokat – legyenek azok emberek, állatok, egyéb légi járművek, autók stb. Ez a működési forma az európai vonatkozó jogszabályok alapján csak úgynevezett speciális vagy engedélyköteles kategóriájú műveletként hajtható végre, amihez szükséges, hogy az UAS-t üzemben tartó (operátor) a megfelelő, hatóság által kiadott engedélyekkel rendelkezzen. Ennek megszerzéséhez számos műszaki, jogi és üzemeltetési követelményt kell teljesítenie, és a működés során folyamatosan igazolni kell tudnia, hogy a biztonsági követelményeket maximális színvonalon kielégíti. Ez a túlzott szabályozás adott esetben gátolja Európán belül az ilyen szolgáltatások elterjedését, mert az üzemben tartók számára jelentős teher az ilyen működési környezet és az adminisztrációs háttér kialakítása – főleg azon szervezetek esetén, amelyek nem rendelkeznek légi áruszállítási

² Pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzmentjét biztosító rendszer, amely működését tekintve hasonló, mint a jelenlegi ATM-infrastruktúra.

operációs tapasztalattal. A jogi és compliance megoldások működtetése adott esetben a rendszer által generált bevételek jelentős részét is felemészthetik.

2.7. A légi közlekedési szereplőkre gyakorolt hatások

A szolgáltatás kialakításával és megvalósításával összefüggésben figyelembe kell venni, hogy a pilóta nélküli légi járművek ugyanazt a légteret használják, mint a hagyományos, pilótával rendelkező légi járművek, igaz jóval alacsonyabban. A hagyományos és pilóta nélküli légi járművek közötti térbeli elkülönítés megvalósítható, ugyanis a drónok jellemzően a földfelszín felett 50–150 m-es magasságban repülnek, viszont előfordulhatnak olyan helyzetek, amikor a hagyományos gépek is használják ezt a magasságot (speciális műveletek, repülőterek környéke, légi rendészet, légi mentők stb.). Emiatt kialakulhatnak konfliktushelyzetek, veszélyes megközelítések, szélsőséges esetben akár összeütközések is [24], [25], [26], [27], [28].

Az ilyen jellegű kockázatok a használatban lévő pilóta nélküli légi járművek darabszámának növekedésével együtt fokozódnak. Ezt stratégiai kockázatcsökkentő megoldásokkal lehet részben kezelni, azonban ezek az intézkedések önmagukban nem tudják teljesen feloldani azokat a potenciális kockázatokat, amelyek a közös légtérhasználatból adódnak. A fennmaradó, az üzemeltetés közben felmerülő kockázatokat a taktikai és operatív kockázatcsökkentő megoldások hivatottak megszüntetni vagy elfogadható szintűre csökkenteni [19].

A felmerülő konfliktusok miatt, nagyvárosi környezetben, összetett légtérstruktúra esetén csak számos korlátozó intézkedés mellett lehet egy ilyen szolgáltatást működtetni, amely szinte minden esetben ideiglenesen vagy állandóan térbeli szempontból korlátozni fogja a szolgáltatáshoz való hozzáférést.

A Budapest feletti légtér vizsgálata alapján megállapítható, hogy vannak olyan No Drone Zone-ok (LHBP NDZ, LHR1 és LHR1A plusz a hazai jogszabályok által meghatározott egyéb infrastruktúrák feletti területek), amelyek nagyjából 60 km²-es területet fednek le. Így Budapest 525 km²-nyi területéből már legalább 11% ki van zárva a szolgáltatásból, és a maradék 89%-nyi területen is előfordulhatnak jelentős korlátozások időszakos jelleggel.

3. Jelenlegi alkalmazási példák és jó gyakorlatok

3.1. Kiskereskedelmi áruszállítási megoldások

A pilóta nélküli légi járművekkel megvalósított áruszállítás a drónok alkalmazásának egyik legígéretesebb formája, mivel általuk a szűk közúti közlekedési kapacitások – torlódások – kikerülhetők, és optimális repülési pályán – rövidebb úton – is kézbesíthetők az áruk. Annak ellenére, hogy ez az áruszállítási technológia még tesztelési és korai alkalmazási fázisban van, már számos cég kínál kísérleti jelleggel ilyen szállítási lehetőségeket, igaz korlátozott területeken.

Az Amazon Prime Air szolgáltatása 2022 nyarán kapta meg az FAA (Egyesült Államok Szövetségi Légügyi Hivatala) engedélyét, amely alapján lehetőségük van látótávolságon túli kiszállítási műveletek elvégzésére, így meg tudták kezdeni a szolgáltatást.

A szolgáltatás korlátozott helyszínen, korlátozott árucikkek szállítására alkalmas. Kalifornia államban, Lockefordban érhető el, azokon a helyszíneken, amelyek körülbelül 15 mérföldes

(25 km-es) közelségben található a raktártól, és a drónokkal maximum 5 fontos, azaz nagyjából 2,5 kg-s csomagok szállíthatók. A szolgáltatással lefedett terület ~2000 km², ami nagyjából négyszerese Budapestnek [14]. A szolgáltatással érintett helyszíneken a cég ígérete szerint a csomagokat a megrendeléstől számított 1 órán belül kiszállítják.

Az Amazon cégen kívül a DHL, Google, Mercedes-Benz és a UPS is folyamatosan végez fejlesztési tevékenységet, hogy a városi logisztikában alkalmazni tudják a pilóta nélküli légi járműveket [20].

3.2. Nem kereskedelmi célú áruszállítási megoldások

A kiskereskedelmi átszállítási igények kielégítésén túl vannak olyan speciális, valós érték-többel rendelkező egyedi drónos áruszállítási alkalmazások, amelyeket a hiányos vagy közúti infrastruktúrával nem rendelkező helyszíneken valósítanak meg. Jó példa erre az, amikor orvosi eszközöket, életmentő gyógyszereket, vakcinákat vagy egyéb egészségügyi és biológiai mintákat szállítanak a harmadik világ országainak nehezen megközelíthető helyszíneire. E műveletekhez jellemzően merev szárnyú drónokat használnak, mivel a szállítási távolság akár az 50–100 km-t is meghaladhatja. A műveleteket látótávolságon túli műveletként, autonóm módon valósítják meg. Számos harmadik világbéli országban ez a szállítási módszer már bevett gyakorlat, és van olyan cég, amely kifejezetten erre szakosodott.

A Zipline nevű cég ilyen műveleteket hajt végre Afrikában Ghánában és Ruandában, Japánban és az Egyesült Államokban. A merev szárnyú szállító drónokat katapult eszköz juttatja a levegőbe, és a cél felett az újrahasznosítható ejtőernyővel rendelkező csomag kidobása megtörténik. Ezt követően az eszköz visszarepül a központhoz, ahol elkapóháló segítségével fogadják. Így lehet biztosítani, hogy az üzemi infrastruktúra a lehető legkisebb területű legyen, ellenkező esetben a merev szárnyú eszközök miatt futópályára is szükség lenne. Egy-egy központtal 22 500 km²-nyi területet tudnak lefedni, ahonnan egyszerre 20 drón irányítása tud egyidejűleg megvalósulni. Az eszközök 160 km-es hatótávolsággal, 110 km/h-s sebességgel haladnak, miközben maximum 1,8 kg-os csomagokat tudnak szállítani [20], [21].

Szintén példaértékű a svéd EverDrone cég megoldása, amely életmentő automata defibrillátorokat és egyéb életmentő orvosi felszereléseket szállít légi úton látótávolságon túli üzemben, autonóm módon, városi környezetben azokra a helyszínekre, ahol arra szükség van. A célpont felett, kötélen keresztül leereszti a drón az életmentő eszközt, amellyel az újraélesztést vagy a betegellátást már a mentők megérkezése előtt meg lehet kezdeni, így növelve a beteg életkilátásait [22], [23].

4. Összefoglaló

A cikkben részletezett kihívások alapján látható, hogy a drónos kiszállítási igények kiskereskedelemben való tömeges megjelenése olyan környezetvédelmi, közlekedésszervezési, légi közlekedési és egyéb problémákat generál, amelyek sok esetben globálisan nagyobb terhet jelentenek a szolgáltatások által elérhető előnyökhöz képest. Előnyként a kézbesítés felgyorsulását lehet tekinteni egyes esetekben, azonban azt is figyelembe kell venni, hogy ennek akár további igénynövelő hatása is lehet.

A pilóta nélküli légi járművel végrehajtott áruszállítási szolgáltatások kialakítása során részletekbe menően meg kell tervezni, hogy pontosan mikor, hol és milyen igények kielégítésére használják majd azt. Számos felhasználási terület van, ahol az ilyen jellegű szállításnak nagy jelentősége és valós hozzáadott értéke van:

- közúti infrastruktúrával nem rendelkező vagy nem megfelelő állapotban lévő közúti infrastruktúrával rendelkező területekre sürgősségi szállítási igények kielégítése, orvosi eszközök, gyógyszerek, életmentő felszerelések, vakcinák;
- biológiai minták és humán szervek szállítása kórházak és laboratóriumok között, abban az esetben, ha biztosított, hogy a légi szállítás gyorsabb és biztonságosabb, mint a közúti;
- készenléti és bűnüldöző szervek, kutató-mentő szolgálatok helyszíni munkáját segítő eszközök szállítása (például bombakereső eszközök, bomba hatástalanítása, veszélyes anyagok elszállítása, eltűnt emberek felkutatása stb.).

Ezek az alkalmazások csak példák arra, hogy milyen területeken, hogyan tudnak a pilóta nélküli légi járművek hozzájárulni a társadalmi biztonsághoz és jóléthez. A jövőben újabb szolgáltatások és megoldások lesznek elérhetők, a technológia megállíthatatlanul fejlődik. Azonban a jövőbeli alkalmazások során új kihívásokkal és korlátozásokkal kell számolni.

Továbbá érdemes azt a társadalmi, jóléti szempontot is figyelembe venni, hogy ha a szolgáltatások ára csökken, és valóban tömegek számára lesz elérhető, akkor ez egyben azt is előrevetíti, hogy jelentős mennyiségű eszköz fog nap mind nap a fejük felett repülni, viszonylag alacsony – néhányszor 10 m-es – magasságban. Elfogadjuk majd azt, hogy a kertvárosi nyugalmat folyton egy-egy érkező vagy áthaladó drón zaja fogja megszakítani? Jelenleg ez még utópisztikus, de hamar eljőhet az a jövő, amikor nem a méhek zümmögését és madarak énekét fogjuk hallani a kertben ülve, hanem a drónok zúgását.

Irodalomjegyzék

- [1] Yadav, A., Goel, S., Lohani, B., Singh, S., "A UAV Traffic Management System for India: Requirement and Preliminary Analysis," *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49. évf. 3. sz. pp. 515–525. 2020. Online: <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01226-0>
- [2] Schroth, L., The Drone Market 2019–2024: 5 Things You Need to Know, *Drone Industry Insights*, 2019. április 10. Online: <https://droneii.com/the-drone-market-2019-2024-5-things-you-need-to-know>
- [3] Gupta, A.; Afrin, T.; Scully, E.; Yodo, N., "Advances of UAVs toward Future Transportation: The State-of-the-Art, Challenges, and Opportunities," *Future Transportation*, 1. évf. 2. sz. pp. 326–350. 2021. Online: <https://doi.org/10.3390/futuretransp1020019>
- [4] Sylverken, A. A., Owusu M., Agbavor, B., Kwarteng, A., Ayisi-Boateng, N. K., Ofori, P., et al., "Using Drones to Transport Suspected COVID-19 Samples; Experiences from the Second Largest Testing Centre in Ghana, West Africa," *PLoS ONE*, 17. évf. 11. sz. pp. e0277057. 2022. Online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277057>
- [5] Ackerman, E., Strickland, E., "Medical Delivery Drones Take Flight in East Africa," *IEEE Spectrum*, 55. évf. 1. sz. pp. 34–35. 2018. Online: <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2018.8241731>

- [6] Lamptey, E., Serwaa, D., "The Use of Zipline Drones Technology for COVID-19 Samples Transportation in Ghana," *HighTech and Innovation Journal*, 1. évf. 2. sz. pp. 67–71. 2020. Online: <https://doi.org/10.28991/HIJ-2020-01-02-03>
- [7] Drone Logistics and Transportation Market Size to Reach USD 10,990 Million by 2026 at CAGR 10.8%. Valuates Reports. *Cision PR Newswire*, 2021 március 9. Online: <https://prn.to/3M4suHf>
- [8] Drone Package Delivery Market to Hit USD 7,388.2 Million by 2027. *GlobeNewswire*, 2020. november 30. Online: <http://bit.ly/3RCF3dK>
- [9] Fortune Business Insights, Drone Package Delivery Market Size. 2021. november. Online: www.fortunebusinessinsights.com/drone-package-delivery-market-104332
- [10] Roca-Riu, M., Menendez, M., "Logistic Deliveries with Drones," in *19th Swiss Transport Research Conference (STRC 2019)*, Ascona, Switzerland, 2019. május 15–17. Online: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000342823>
- [11] Boukoberine, N. M., Zhou, Z., Benbouzid, M., "Power Supply Architectures for Drones – A Review," in *Proceedings of the IECON 2019 – 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Lisbon, Portugal, 2019. október 14–17. Online: <https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8927702>
- [12] Yowtak, K., Imiola, J., Andrews, M., Cardillo, K., Skerlos, S., "Comparative Life Cycle Assessment of Unmanned Aerial Vehicles, Internal Combustion Engine Vehicles and Battery Electric Vehicles for Grocery Delivery," *Procedia CIRP*, 90. évf. pp. 244–250. 2020. Online: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.003>
- [13] Aurambout, J. P., Gkoumas, K., Ciuffo, B., "Last Mile Delivery by Drones: An Estimation of Viable Market Potential and Access to Citizens Across European Cities," *European Transport Research Review*, 11. évf. 30. sz. pp. 1–21. 2019. Online: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0368-2>
- [14] Kim, E., Long, K., Amazon's Prime Air Drone Deliveries to Cost \$63 Per Package. *Business Insider*, 2022. április 7. Online: www.businessinsider.com/amazon-prime-air-drone-delivery-cost-63-per-package-2025-2022-4
- [15] Samaras, C., Stolaroff, J., Is Drone Delivery Good for the Environment? *Smithsonian Magazine*, 2018. február 14. Online: www.smithsonianmag.com/innovation/drone-delivery-good-for-environment-180968157/
- [16] How Drones are Reshaping Home Delivery. *Packaging Europe*, 2021. október 5. Online: <https://packagingeurope.com/how-drones-are-reshaping-home-delivery/4009.article>
- [17] Magistretti, S., Dell'Era, C., "Unveiling Opportunities Afforded by Emerging Technologies: Evidences from the Drone Industry," *Technology Analysis & Strategic Management*, 31. évf. 5. sz. pp. 606–623. 2019. Online: <https://doi.org/10.1080/09537325.2018.1538497>
- [18] A Bizottság (EU) 2019/947 végrehajtási rendelete (2019. május 24.) a pilóta nélküli légi járművekkel végzett műveletekre vonatkozó szabályokról és eljárásokról
- [19] European Union Aviation Safety Agency, Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947. 2019. október 9. Online: www.easa.europa.eu/en/acceptable-means-compliance-and-guidance-material-group/amc-gm-implementing-regulation-eu-2019947
- [20] Demuyakor, J., "Ghana Go Digital Agenda: The Impact of Zipline Drone Technology on Digital Emergency Health Delivery in Ghana," *Shanlax International Journal of Arts, Science and Humanities*, 8. évf. 1. sz. pp. 242–253. 2020. Online: <https://doi.org/10.34293/sijash.v8i1.3301>

- [21] Gangwal, A, Akshika J., Mohanta, S., "Blood Delivery by Drones: A Case Study on Zipline," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 8. évf. 8. sz. pp. 8760–8766. 2019. Online: www.ijirset.com/upload/2019/august/63_Blood.PDF
- [22] Everdrone: Delivering Critical Medical Care By Drone. *Tele 2 IoT*, é. n. Online: <https://tele2iot.com/case/everdrone-delivering-critical-medical-care-by-drone/>
- [23] For the First Time in Medical History, An Autonomous Drone Helps Save the Life of a Cardiac Arrest Patient. *EverDrone*, 2022. január 4. Online: <https://everdrone.com/news/2022/01/04/for-the-first-time-in-medical-history-an-autonomous-drone-helps-save-the-life-of-a-cardiac-arrest-patient/>
- [24] Lykou, G., Moustakas, D., Gritzalis, D., "Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies," *Sensors*, 20. évf. 12. sz. p. 3537. 2020. Online: <https://doi.org/10.3390/s20123537>
- [25] Willassen, H. R., Loedding E., Knutsen, A., "Drones at Oslo Airport Norway: A Case Study on How to Balance Safety and Business Development," *Journal of Airport Management*, 14. évf. 3. sz. pp. 260–268. 2020. Online: <https://ideas.repec.org/a/aza/jam000/y2020v14i3p260-268.html>
- [26] Pyrgies, J., "The UAVs Threat to Airport Security: Risk Analysis and Mitigation," *Journal of Airline and Airport Management*, 9. évf. 2. sz. pp. 63–96. 2019. Online: <https://doi.org/10.3926/jairm.127>
- [27] Konert, A., Kasprzyk, P., "UAS Safety Operation – Legal Issues on Reporting UAS Incidents," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 103. évf. 51. sz. 2021. Online: <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01448-5>
- [28] Shvetsova, S. V., Shvetsov, A. V., "Ensuring Safety and Security in Employing Drones at Airports," *Journal of Transportation Security* 14. évf. pp. 41–53 2021. Online: <https://doi.org/10.1007/s12198-020-00225-z>
- [29] French, S., Is Amazon Drone Delivery Really All That Environmentally Friendly? *University of Washington*, 2020. október 6. Online: <https://depts.washington.edu/sctclctr/news-events/in-the-news/amazon-drone-delivery-really-all-environmentally-friendly>
- [30] Delivery Drones: Sustainable or Not? *City Logistics*, 2020. november 24. Online: www.citylogistics.info/research/delivery-drones-sustainable-or-not/
- [31] Yoo, W., Yu, E., Jung, J., "Drone Delivery: Factors Affecting the Public's Attitude and Intention to Adopt," *Telematics and Informatics*, 35. évf. 6. sz. 2018. pp. 1687–1700. Online: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.04.014>

The Challenges of the Emergence of Delivery Drones in the Aviation System

The use of unmanned aerial systems is emerging in several industrial sectors. New services are arising in the service industry that has not existed previously. Technology development makes it possible to use these kinds of devices not only for data collection but for the fulfilment of transport tasks. It is essential to present the challenges and the potential negative effects of the emergence and widespread of the devices. This article reveals and presents these problems with their possible solutions in detail.

Keywords: drone delivery, freight transport, drone law, UAV, UAS, RPAS, drone regulations

Dr. Sándor Zsolt
egyetemi docens
Tokaj-Hegyalja Egyetem
zsolt.sandor1@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7117-9069

Zsolt Sándor, PhD
Assistant Professor
University of Tokaj
zsolt.sandor1@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7117-9069

