

36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2023. április 18-20.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Rendészettudományi Kar

A távérzékelés lehetőségei katasztrófavédelmi tevékenységek során

*A szabad területen keletkezett tüzesetek kamerával való
detektálásának fejlesztési lehetőségei*

Jelige: A gyorsabb észlelésért.

Pályamunka lezárásának időpontja: 2021 november

2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1.BEVEZETÉS	3
1.1 A téma aktualitása	3
1.2 A téma körülhatárolása	5
1.3 A témaválasztás indoklása	6
1.4 Kutatási célkitűzések	6
1.5 A kutatásnál alkalmazott módszerek	7
1.6 Releváns szakirodalom	8
1.7 Hipotézis	10
2. A MAGYARORSZÁGI SZABADTÉRI TŰZEK JELLEMZÉSE	11
2.1 A magyarországi erdők jellemzése	11
2.2 Mezőgazdasági kultúra	13
2.3 Gaz, avar, tarló	14
2.4 Szabadtéri tüzek keletkezési körülményei	15
2.5 Megelőzés	17
2.5.1 Tűzzáró növények	18
2.5.2 Tűzgyújtási tilalom	19
3. A TŰZ ÉSZLELÉSE	20
3.1 Automatikus szabadtéri tűz érzékelő rendszer	21
3.2 A kamerarendszer lehetséges működése	25
3.3 Mesterséges intelligencia szerepe az észlelésben	28
3.4 A tüzeset pontos helyének meghatározása	30
4. A TŰZ ÉSZLELŐ RENDSZER LÉTJOGOSULTSÁGÁNAK BIZONYÍTÁSA	32
4.1 A tűz paramétereinek alakulása korai és késői észlelés esetén	33
4.2 Videokamera által észlelt releváns tüzesetek	38
4.3 A vizsgált tüzesetek paramétereinek számítási módszertana	39
4.4 A releváns tüzesetek adatainak kiértékelésének eredménye	41
4.5 A Kárérték – Idő függvény vizsgálata	43
4.6 A megmentett terület értékének vizsgálata	46
4.7 A videokamera rendszer költségei	47
5. ÖSSZEGZÉS	51
FELHASZNÁLT IRODALOM	53
ÁBRAJEGYZÉK	55
TÁBLÁZATOK	56
FÜGGELÉKEK	57

1.BEVEZETÉS

1.1 A téma aktualitása

A tüzet¹, mint alapelemet az ember több ezer éve ismeri. Kezdetben csak egyes véletleneknek köszönhetően találkozhatott vele. Az emberiség fejlődése során az égést, mint jelenséget megfigyelve, már saját maga idézte elő. A tűzzel való kapcsolatunk a kezdetektől fogva rapszodikusnak tekinthető. Amellett, hogy egyes fizikai tulajdonságait javunkra fordítjuk, bizonyos helyzetekben értékeinkre, környezetünkre és akár életünkre is veszélyt jelenthet. Történelmünk során számtalanszor fordultak elő tüzek szabad területeken; erdőkben, mezőkön, mezőgazdasági területeken. Ezeknek a tüzeknek kezdetben természeti jelenségek voltak a kiváltó okai, mint például a villámcsapás. Későbbiekben az ember tudatosan gyújtott tüzet egyes területeken. Ennek egyik oka a korabeli földművelési technika volt, a vad talajváltó gazdálkodás, melynél a megművelni kívánt területeket felégették, így szerevezve hasznosítható birtokot. Ez a fajta égetés olykor kontrollálhatatlanná vált, melynek okaként keletkeztek az első emberi gondatlanságból okozott nagy kiterjedésű szabadtéri tüzesetek. Napjainkban a klímaváltozás idejét éljük, ami hozzájárul a tüzesetek pusztító hatásának drasztikus emelkedéséhez az egész világban. A Föld átlaghőmérséklete folyamatosan nő, az évszakokra jellemző csapadék eloszlása szélsőséges.² Ezek a tényezők együttesen eredményezik a nagy területet érintő tüzesetek kialakulását. Az 1. ábrán látható diagram szemlélteti, hogy a tüzesetek száma csökken ugyan, viszont a leégett terület nagysága, a felszámolására fordított összeg növekszik.

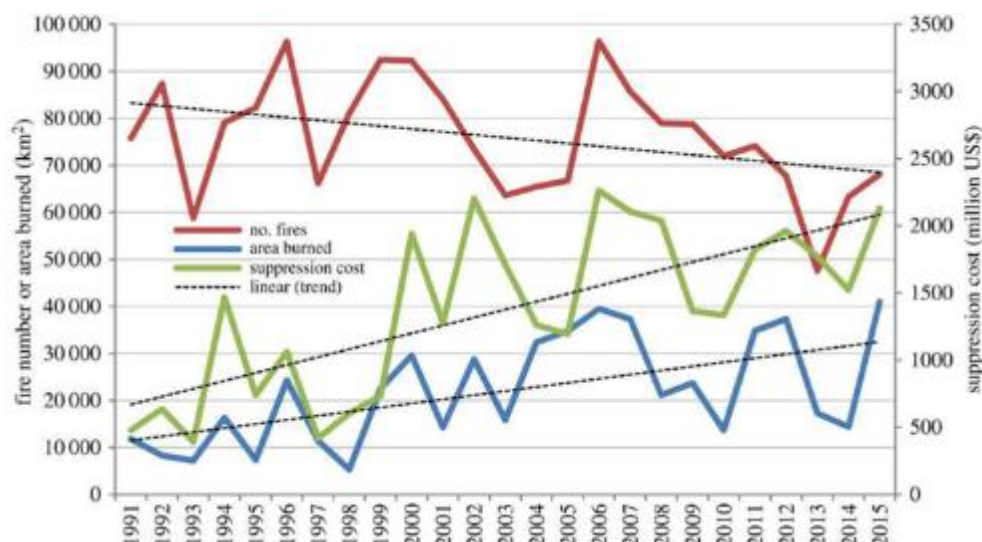
Magyarországon két fő tűzszezont tartunk nyilván, a tavaszt és a nyárit. A tavaszi tűzszezonban a hóolvadás után az előző évből visszamaradt elszáradt vegetáció maradványa ad lehetőséget a tűz kialakulásához. Hazánkban a nyári időszak kedvez leginkább a szabadtéri tüzek kialakulásának, ami az átlaghőmérsékletnek és a csapadék mennyiségi eloszlásának tudható be. Jellemzővé váltak a nyári, aszályos időszakok. Ilyenkor a kiszáradt növényzet gyulladásához még nyílt lángra sincs szükség, elég akár egy munkagépből kipattant szikra is. A felhalmozódott éghető biomassza³ égésekor elegendő hőenergia szabadul fel ahhoz, hogy akár koronaégés is

¹ tűz: *tűz (tüzeset)*: az az égési folyamat, amely veszélyt jelent az életre, a testi épségre vagy az anyagi javakra, illetve azokban károsodást okoz. Forrás: 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról I. fejezet 4.§

² Halász László – Padányi József: A klímaváltozás hatásai, Tanulmány, NKE 2012

³ biomassza: lehullott lombzat, vágástéri hulladék, gallyak, száraz aljnövényzet. Forrás: Tanulmány a Bács-Kiskun megyében 2007. július hónapban bekövetkezett erdőtüzekről 5. oldal

kialakulhasson. A szabadterén keletkezett tüzek a természetben; mind az állat- mind a növényvilágban hatalmas károkat okoznak, melyek akár több évtized alatt állnak helyre.



1. ábra. A szabad területen keletkezett tüzesetek mennyisége, kárértéke, felszámolás költsége Forrás: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2015.0345>

Egy tüzesetet mindig könnyebb megelőzni, mint eloltani, tehát a megelőzésre nagy hangsúlyt kell fordítani. Ennek egyik módja a száraz, nyári hónapokban a tűzgyújtási tilalom kihirdetése, mely sajnos az emberi felelőtlenség miatt nem feltétlenül váltja be a hozzá fűzött reményeket. A kialakult tüzek oltása elsősorban a katasztrófavédelem, illetve a hivatásos és az önkéntes tűzoltóságok feladatkörébe tartoznak. Szabadtéri tüzek alatt érthetjük az erdőtüzeket, mezőgazdasági területen keletkezett tüzeket, tarló, gaz és avartüzeket egyaránt, tehát egy gyűjtőfogalomról beszélünk. Ebből kifolyólag az oltásuknál fellépő problémák is igen szerteágazóak, megoldásuk különböző taktikát⁴ igényel. Amennyiben már kialakul egy tüzeset, mindenkinek érdekében áll, hogy jól, szakszerűen olcsón, és a lehető legkisebb erőfeszítések árán legyen eloltva. Ezért nagyon fontos a gyors és pontos detektálás. A szabad területen keletkezett tüzeknél felelőtlenség csak passzív észlelésre⁵ hagyatkozni. Minél később szerzünk tudomást a környezetünkben fellobbanó lángokról, annál több erő-eszköz szükséges a megfékezéshez. A legcélravezetőbb megoldás a kiterjedt területek megfigyelésére a távérzékelés. Napjainkban a kamerák jelenléte megszokottá vált, a modern technológiának már

⁴ taktika: a tűzoltás, műszaki mentés azon útjai, eszközei és formái, amelyek az adott pillanatban a leginkább megfelelnek a konkrét helyzetnek, valamint a leghatékonyabban és legcélravezetőbben biztosítják a tűzoltási, műszaki mentési feladatok elvégzését. Forrás: 6/2016 BM OKF utasítás Tűzoltás-taktikai szabályzat I. fejezet Értelmező rendelkezések

⁵ Restás Ágoston: Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése, PhD értekezés, NKE, 2008. 24. oldal

nem kihívás jó minőségű felvételek készítésére alkalmas készülékek gyártása minimális költségekkel. Mindannyiunk zsebében ott lapulnak az okostelefonok, melyek kamerái kristálytiszta képeket tudnak készíteni. Joggal tehetjük fel a kérdést, ha ennyire a mindennapjaink részét képezi a videokamera jelenléte, akkor előnyeit miért ne használhatnánk fel a katasztrófavédelmi tevékenységek segítése érdekében?

1.2 A téma körülhatárolása

A távérzékelés lehetőségei igen szerteágazóak lehetnek a katasztrófavédelmi tevékenységek során. A tűz észlelésétől egészen az egységek bevonulásáig alkalmazhatóak. Kutatásom során arra a megállapításra jutottam, hogy egy ilyen összetett témát részleteiben nincs lehetőségem feldolgozni, ezért a választott témakört körülhatárolni, szűkíteni szükséges. Ennek eredménye képpen a távérzékelés azon területét kívánom feldolgozni, melyet a releváns szakirodalmak áttekintése után kevésbé ismertnek találtam. A távérzékelési lehetőséget az automatikus tűz detektálás kérdéskörében vizsgáltam a szabad területen keletkezett tüzeseteknél. Ehhez számba kellett vennem, hogy melyek lehetnek a szabadtéri tüzek megjelenési formái, keletkezési körülményei és milyen az általános felszint borító növényzet hazánkban. Egy általam hatékonynak vélt automatikus szabadtéri tűz észlelő rendszernek a létjogosultságát vizsgáltam több fajta megközelítésből.



2. ábra. A természetes élőhelyek tűz általi pusztulása a kutatást motiváló tüzeset helyszínén Forrás: Baranya MKI 2021.07.29. Pécs

1.3 A témaválasztás indoklása

Dolgozatom vizsgált témájaként azért ezt választottam, mert a tüzesetek többsége szabadtéren keletkezik, a tűzoltók pályafutásuk során rengeteg alkalommal találkoznak szabadtéri tüzekkel. Munkám megkezdése előtt górcső alá vettem a szabadtéri tüzek oltásának mechanizmusát. Konstatáltam, hogy a beavatkozások mozzanatai közt megfigyelhető a tipikus dominó effektus. Az első mozzanat vagy dominó a tűz keletkezése. Minél hamarabb észrevesszük, hogy az első dominónk eldőlt, annál nagyobb az esélyünk a folyamatot megállítani úgy, hogy a lehető legkevesebb dominónk dőlt el. Gyakorlatban nem megvalósítható, hogy előre megjósolva egy vödör vízzel, vagy lapáttal ott álljon egy tűzoltó minden eldobott cigarettacsikk földre érkezésénél és eloltsa azt. Véleményem szerint a gyors detektálás előfeltétele a hatékony, tűzoltásnak. Korunkban a távérzékelés olyan lehetőséget ad kezünkbe, melyeket a katasztrófavédelmi tevékenységek során fel kell használjuk. A kiterjedt területeken való tűz detektálás terén számos távérzékelési lehetőség közül választhatunk.

Jómagam beosztott tűzoltóként dolgozom, így közvetlen rálátásom nyílik a tűzoltás szervezetéből a beavatkozó állomány és a tűzoltásvezető összetett, bonyolult és fáradalmas tevékenységére. Ez a tevékenység távérzékelés segítségével nyert idővel, információval, jóval megkönnyíthető lehet. Hivatásomban eltöltött idő alatt szerzett tapasztalataim, észrevételeim hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a jövőben a szabadtéren keletkező tüzeket hatékonyabban, gördülékenyebben számoljuk fel a távérzékelés eszközeivel. Ezek a tüzek és oltásuk a szakmában nem jártas embereknek egyszerűnek tűnhetnek, ezzel szemben a tűzoltók olykor csak megfeszített munka árán képesek felszámolni az adott tüzesetet.

1.4 Kutatási célkitűzések

Kutatásom során általános célkitűzésként fogalmaztam meg, hogy tanulmányozzam a témában releváns elektronikus és írott szakirodalmakat, a már fellelhető rendszerek működésének jellemzőit, valamint a vonatkozó jogszabályokat azért, hogy a gyakorlati tapasztalataimmal ötvözve a későbbiekben a mai kor kihívásainak megfelelő, tűzdetektálásra alkalmas koncepciót dolgozhassak ki. Ehhez, első lépésként készítettem ezt a dolgozatot, amelyben a következő konkrét célkitűzéseket fogalmaztam meg:

1. Igazoljam, hogy a távérzékelés már a jelenlegi eszközökkel is alkalmas szabadtéri tüzek észlelésére.
2. Kimutassam, hogy a távérzékeléssel korábbi lehet a tűz észlelése, mint a hagyományos bejelentések alapján.
3. Bizonyítsam, hogy a távérzékelés alkalmazásával a beavatkozás hatékonyabbá tehető.

A fentiek alapján látható, hogy célom a szabadtéri tüzek detektálásának körülményeit nehézségeit, problémáit bemutatni gyakorlati példák segítségével. Megoldást találni rájuk, majd javaslatot tenni annak érdekében, hogy a jövőben miként könnyíthetjük meg az észlelést, ezzel a beavatkozásban résztvevők munkáját, vagy miként előzhető meg hatékonyan a szabadtéri tüzesetek. Kutatásom során törekedtem a gyakorlatiasságra, ugyanis a katasztrófavédelmi tevékenységek tervezésének alapkövetelménye a racionális megvalósítás gyakorlatban. Véleményem szerint, mint az élet valamennyi területén, itt sincsenek fekete és fehér vagy tisztán jó és rossz elképzelések, megoldások, legfeljebb nem jól kitűzött célok, melyeket csak egy új horgonypont felállításával lehet abszolválni. A fent említett célokon túl a legfontosabb a természeti értékek, élővilág és a lakosság megóvása a tűz pusztításától.

1.5 A kutatásnál alkalmazott módszerek

Kutatási céljaim eléréséhez tanulmányoztam a releváns szakirodalmat, jogszabályokat, oktatási segédleteket. Szekunder kutatásom⁶ során foglalkoztam szabadtéri tüzesetekről készített jelentésekkel, adatok elemzésével. Webkamerák képeit szereztem meg, azokat elemeztem. A BM OKF PAJZS rendszeren a riasztási lapon szereplő adatokat tanulmányoztam, vettem össze a távérzékelte felvételekkel. A felvételek időbélyegének és a riasztási lap adatainak segítségével alapvető számításokat végeztem, abból összehasonlítással, becsléssel vagy logikailag következtetéseket vontam le. Ezen felül a KAP online felület statisztikai szolgáltatásán keresztül számadatokat, jelzési időpontokat, káreseti⁷ leírásokat elemeztem. Beosztott tűzoltóként számos alkalommal veszek részt szabadtéren keletkezett tüzesetek felszámolásánál, így saját bőrömön tapasztalom a tűzoltás elméletének gyakorlatban történő alkalmazását. Közvetlen kollegáimmal való konzultációk alkalmával információt kaptam olyan kapcsolódó tanulságos káresetekről, melyeknél nagy segítséget jelentett volna egy távérzékelte felvétel. Nagyban segítette munkám azon bajtársak tapasztalatainak megosztása, akik több

⁶ Egy adott témakörben mások által készített adatok felkutatása, begyűjtése.

⁷ káreset: a tüzeset és a műszaki mentés gyűjtőfogalma. Forrás: 6/2016 BM OKF utasítás Tűzoltás-taktikai szabályzat I. fejezet Értelmező rendelkezések

tűzoltóságon, esetleg több megyében teljesítettek szolgálatot. Általuk nyert megállapítást az a tény, hogy egy problémát többféle módon lehet hatékonyan megoldani.

1.6 Releváns szakirodalom

A jogalkotó a tüzmegeelőzés és a tűzoltási, műszaki mentési feladatok eredményes végrehajtása érdekében jogszabályokat alkotott. „*A katasztrófavédelem nemzeti ügy. A védekezés egységes irányítása állami feladat.*” Olvashatjuk a témához releváns jogszabályunkban, a *2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról* alkotott jogszabályban. A szabadtéri tüzek megelőzése és oltása a katasztrófák elleni védekezés szerves részét képezi. *A katasztrófavédelmi törvény egy átfogó jellegű és komplex jogszabály, amely magában foglalja a katasztrófák elleni védekezés irányítását, valamint az iparbiztonsági, a polgári védelemi és a tűzoltósági szakterület általános rendjét is.*⁸

Az Országgyűlés az Alkotmányból és a nemzetközi szerződésekből eredő feladatok teljesítése érdekében, az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető tüzek megelőzése, a tüzeseteknél, a műszaki mentéseknél való segítségnyújtás, és a tűz elleni védekezésben résztvevők jogainak, kötelezettségeinek, valamint a védekezés szervezeti, irányítási rendjének, személyi, tárgyi és anyagi feltételeinek szabályozására megalkotta az *1996. évi XXXI. törvényt a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról*.

A távérzékelés területén rendkívül sok ismeretanyaggal rendelkezünk, az ezzel kapcsolatos szakirodalmak felsorolásától itt eltekintek. Ezzel szemben a távérzékelés felhasználását a katasztrófavédelmi, tűzoltási témakörben már jóval kevesebb szakirodalom tárgyalja. Hazánkban Restás munkái tekinthetők a távérzékelés területén időszerűnek, illetve, ezekre a munkákra mondhatjuk, hogy a témakörben mértékadók, hasznos eredményeket tartalmaznak. *A Drónok alkalmazása a katasztrófavédelemben*⁹ illetve *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése*¹⁰ a két legfontosabb kutatási kiindulási pont számomra. Az erdőtüzekről és azoknak hazai, nemzetközi viszonyairól átfogó képet kaptam Bodnár László Az

⁸ Bodnár László: Az erdőtüzek oltásának hatékonyságát növelő módszerek kutatása és fejlesztése 2021. 5. oldal

⁹ Restás Ágoston: A drónok alkalmazása a katasztrófavédelemben Bp. 2016

¹⁰ Restás Ágoston: Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése, PhD értekezés, NKE, 2008.

*erdőtűzek oltásának hatékonyságát növelő módszerek kutatása és fejlesztése*¹¹ című doktori értekezéséből.

Úgy gondolom, hogy kutatási célkitűzéseim eléréséhez nem elégséges csupán a hazai szakirodalom áttekintése. Dolgozatom készítésekor áttekintettem a témával kapcsolatos nemzetközi ismeretanyagokat, elért eredményeket. Az áttekintett számos külföldi releváns szakirodalom közül véleményem szerint a gyakorlatiasságra, időszerűsége fektetve a hangsúlyt leginkább Barmpoutis at al. *Early Fire Detection Based on Aerial 360-Degree Sensors, Deep Convolution Neural Networks and Exploitation of Fire Dynamic Textures*¹² című tudományos mű prezentálja. Ennek a műnek a témája a 360 fokos szenzoros tűz észlelésre fókuszál. A detektálás technikai hátterét a mai kor kihívásainak eleget téve a Hendel at al. *Efficacité de la télédétection précoce des feux de forêt: une comparaison de capteurs thermiques*¹³ című mű tárgyalja.

Kutatásom során fontos volt számomra, hogy már a valóságban is működő tűzdetektáló rendszereket is vizsgáljak az országhatárokon túlról is. Kézenfekvőnek tűnik olyan országban keresni alternatívákat, mely hazánkhoz hasonló anyagi forrásokkal, lehetőségekkel rendelkezik. Déli szomszédunk, Horvátország kiváló szakemberei tűzdetektáló rendszert építettek ki egy kísérleti területen, ennek tanulságait Stipaničev *Intelligent Forest Fire Monitoring System – from idea to realization*¹⁴ című tudományos értékezés tárgyalja. Természetesen más rendszereket is tanulmányoztam, így a németországi FireWatch rendszert¹⁵, amely fekete – fehér képelemzés alapján végez észlelést, illetve a spanyol Bosqua rendszert¹⁶, amely a vizuális kamera mellett hőkamerás kiegészítéssel detektálja a tüzet.

Az általam áttekintett szakirodalmak, valamint a különböző rendszerek működésének tanulmányozása alapján azt tudom megállapítani, hogy távérzékeléssel képesek lehetünk a tüzeket korai szakaszukban észlelni.

¹¹ Bodnár László: Az erdőtűzek oltásának hatékonyságát növelő módszerek kutatása és fejlesztése, PhD értekezése, NKE, 2021

¹² Barmpoutis, Stathaki, Dimitropoulos, Grammalidis - Early Fire Detection Based on Aerial 360-Degree Sensors, Deep Convolution Neural Networks and Exploitation of Fire Dynamic Textures 2020

¹³ Hendel, M. Ross - Efficacité de la télédétection précoce des feux de forêt: une comparaison de capteurs thermiques 2019

¹⁴ Stipaničev - Intelligent Forest Fire Monitoring System – from idea to realization 2011

¹⁵ FireWatch – Restás: A Wünsdorf-i Riasztó és Ellenőrző Központ működése c. video

¹⁶ D. Kolarić, K. Skala, A. Dubravić: Integrated System For Forest Fire Early Detection and Management;

1.7 Hipotézis

A dolgozatomban a következő feltételezéseket vizsgálom:

1. Feltételezem, hogy Magyarországon a jelenleg rendelkezésre álló távérzékelő rendszerekkel is lehet szabad területen keletkezett tüzeseteket észlelni.
2. Feltételezem, hogy a jelenleg rendelkezésre álló eszközökkel is korábban észlelhető a tüzeset, mint ahogyan az a hagyományos módon – állampolgári bejelentés alapján – jelenleg történik.
3. Feltételezem továbbá, hogy a korai detektálás által nyert idővel a tűzoltói beavatkozás hamarabb megkezdhető, így a beavatkozás hatékonysága a kárérték jelentős csökkenésével és a megmentett érték növelésével igazolható.

A célkitűzéseim megvalósítását és a fenti hipotézisek vizsgálatát a következő fejezetekben szeretném kivitelezni.

2. A MAGYARORSZÁGI SZABADTÉRI TÜZEK JELLEMZÉSE

Ebben a fejezet a Magyarországon leggyakrabban előforduló szabadtéri tüzek megjelenési formái kerülnek bemutatásra. Az emberek nagy része az ikonikusnak mondható erdőtüzekre asszociál a szabadtéri tüzek hallatán, azonban számos megjelenési formája lehet ezeknek a tüzeknek. Napjainkban, hazánkban a nagy kiterjedésű erdőtüzek előfordulása szerencsére igen alacsony. Emellett sajnos az alacsonyabb rendű vegetációkban¹⁷ jelentős a tűz általi pusztítás mértéke.

2.1 A magyarországi erdők jellemzése

Az erdő fogalma

Az erdő általános meghatározás szerint a következő: „Az erdő olyan természetes vagy telepített élőhely, amelynek jellegét a sűrűn álló fák határozzák meg.”¹⁸

Az Országos Erdőállományi Adattár, azt a területet ismeri el erdőnek, mely a hivatalos jegyzékében erdőként szerepel. Például egy leégett vagy tarvágott terület is erdőként van jegyezve. Ellentétes esetben egy beerdősödött kaszáló, mely a fenti általános meghatározásnak megfelel, az Adattár szerint nem minősül erdőnek.

A 61/2017 FM rendelet¹⁹ szerint az alábbi feltételek teljesülésekor nevezhetjük a területet erdőnek:

- erdei fafajokból áll
- két métert meghaladó átlagmagasságú fák alkotják
- 5000 m²-nél nagyobb
- szélső fák töben mért távolságát tekintve átlagosan 20 méter szélességet eléri
- 30% és 50%-os záródás meghaladja

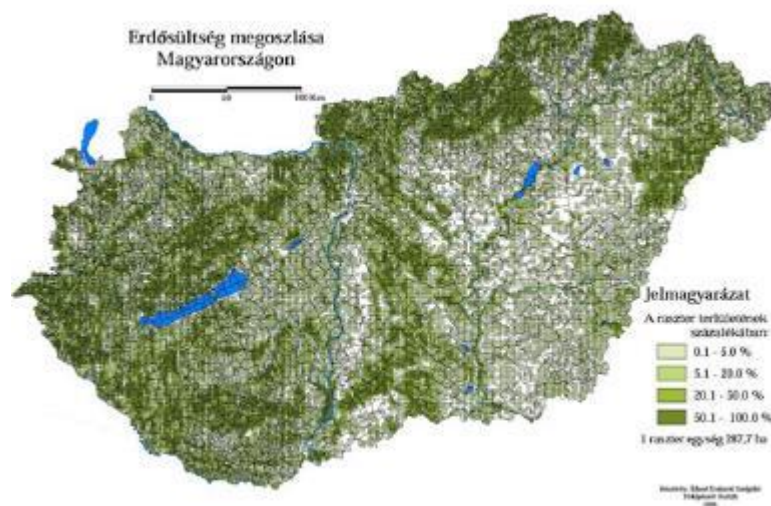
¹⁷ vegetáció: (növényzet) egy-egy terület növénytársulásainak összessége, tehát egy komplex módon megjelenő, sok fajból és egyedből álló, összetett kapcsolatrendszerrel működő növénytakaró

¹⁸ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Erd%C5%91>

¹⁹ 61/2017. (XII. 21.) FM rendelet az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény végrehajtásáról

Az erdőszűlség Magyarországán

Magyarországon az erdők területé folyamatosan növekszik, ennek ellenére az EU²⁰ országaihoz képest kedvezőtlenebbek a mutatók. Erdőink koncentráltan területnek el hazánkban, ennek domborzati, földtani és időjárási okai vannak. Nagyobb összefüggő erdőségek a Dél-Dunántúlon, a Duna-Tisza köze déli részén és Észak-Magyarországon alakultak ki.



3. ábra. Erdőszűlség megoszlása Magyarországán. Forrás:
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/regiok/orsz/erdogazd12.pdf>

Erdők besorolása

Magyarország erdeit a 4/2008. ÖM rendelet²¹ alapján kategóriákba kell sorolni, melyek a következők:

- nagymértékben veszélyeztetett terület
- közepesen veszélyeztetett terület
- kismértékben veszélyeztetett terület

²⁰ Európi Unió

²¹ 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet az erdők tűz elleni védelméről



4. ábra. Magyarország megyéinek erdőtűz veszélyességi besorolása. Forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/-/megyek-erdotuz-veszelyességi-besorolása>

Erdők KAP online szerinti csoportosítása

- Lomb erdősítés
- Fenyő erdősítés
- Lombos faállomány
- Fenyő faállomány

2.2 Mezőgazdasági kultúra

Mezőgazdasági kultúra meghatározása

A mezőgazdasági területek azon földterületek összessége, melyen a földművelés (növénytermesztés) és az állattenyésztés helyet kap. Hazánk domborzata, éghajlata lehetővé teszi, hogy relatív nagy terület hasznosuljon mezőgazdasági területként. A gyakran előforduló haszonnövények közt vannak a gabonafélék, egyes ipari növények, takarmánynövények, gyümölcsfélék, kertészeti termékek.

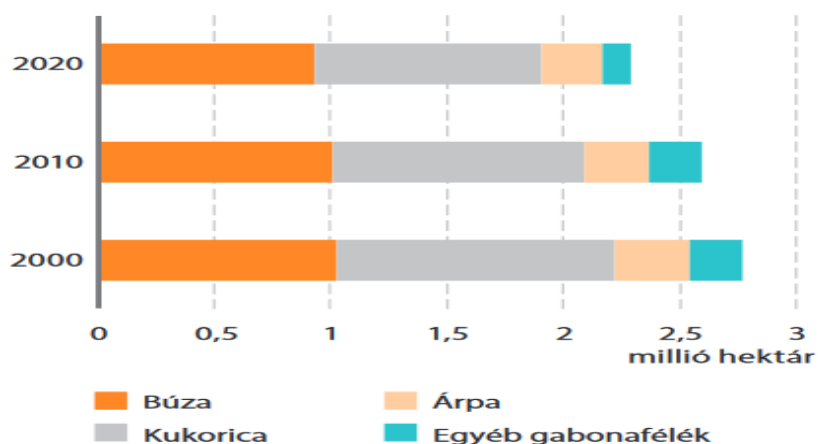
A mezőgazdasági kultúra KAP online szerinti csoportosítása

- Kazal, boglya
- Lábonálló termés
- Learatott termés

A mezőgazdasági területek megoszlása Magyarországon

Hazánkban a két leggyakoribb haszonnövény a búza és a kukorica. Csak ennek a két növénynek a termesztése több mint két millió hektárt foglal magába.

A fontosabb gabonafélék betakarított területe



5. ábra. A fontosabb gabonafélék betakarított területe. Forrás: https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn007

2.3 Gaz, avar, tarló

Meghatározás

Tűzoltó „berkeken” belül ezt a három féle felszínt borító növényzetet, növényi részeket együtt szokás említeni. Rendszerint alacsonyabb rendű növényzetre utal. Természetesen külön-külön is előfordulhatnak, de a gyakorlatban a gaz, mint fűféle, a fáról lehullott, elszáradt lombozattal fordul elő, mely az avarat alkotja. Az avarban a faleveleken kívül, más a fáról lehullott részek

(ágak, gallyak) is lehetnek. A tarló alatt a learatott lábonálló gabona, földből kiálló tűz-húsz centiméteres száraz szárát értjük.

KAP online szerinti csoportosítása

- Egyéb alacsonyfüves vegetáció
- Egyéb magasfüves vegetáció



6. ábra. Tarlótűz. Forrás Varga György MTI

2.4 Szabadtéri tüzek keletkezési körülményei

A szabad területen keletkező tüzek kialakulásához több tényezőnek kell egyszerre teljesülnie. A meteorológiai körülmények számottevően hozzájárulnak a tüzek keletkezéséhez. Ezekhez a körülményekhez sorolhatjuk a magas átlaghőmérsékletet, tartósan csapadékmentes időjárást, alacsony páratartalmat és erős szelet. Ezeknek a meteorológiai viszonyoknak az együtt állása egy rendkívül tűzveszélyes helyzetet eredményez.

A hőség és csapadékhiány miatt kiszáradt vegetációban lévő éghető anyagokat²² két csoportba sorolhatjuk. Könnyű éghető anyag lehet az avar, gaz, gallyak, ezekre jellemző a gyors tűzterjedés, kisebb intenzitás. Nehéz éghető anyagok lehetnek a vastagabb anyagok, ágak, jellemző rájuk a lassabb tűzterjedés, intenzívebb égés. Az éghető anyag mennyisége és eloszlása változó lehet. Mennyiségén az egységnyi területen lévő éghető anyag súlyát értjük, melynek mértékegysége kg/m^2 . A mennyiség növekedésével egyenesen arányosan növekszik a tűz terjedésének sebessége is.

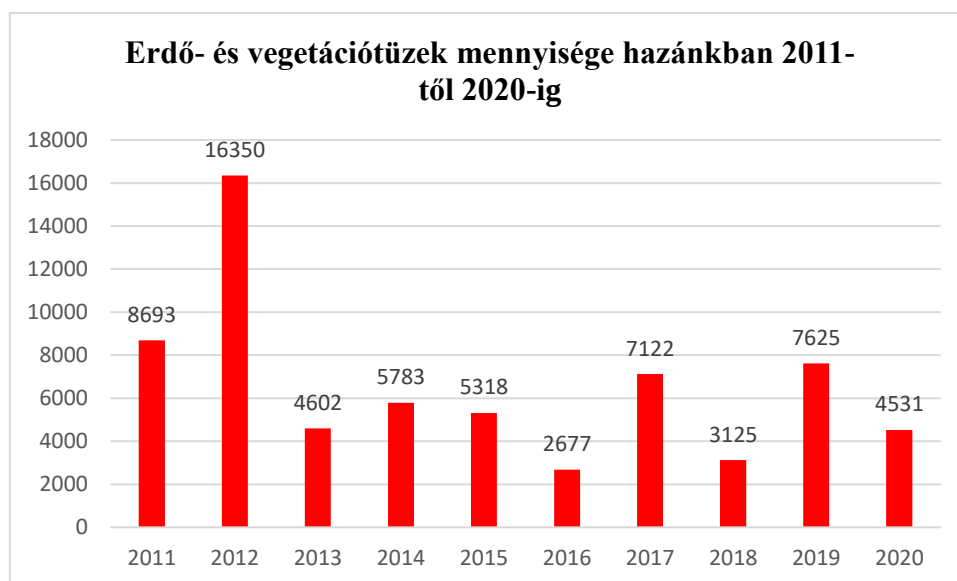
Az éghető anyag vízszintes eloszlása alapján két féle lehet. Egyenletes eloszlásról akkor beszélünk, ha az éghető anyag megszakítás nélkül van jelen. Ilyenkor a láng terjedési sebessége gyors. Foltos eloszlásról akkor beszélünk, ha az éghető anyag folytonosságát nem éghető anyagok vagy üres térrészek szakítják meg. Az éghető anyag függőleges eloszlása szerint három féle szintet különböztetünk meg. Legfelül a koronaszinten található biomasszát értjük, itt levelek, ágak találhatók, az évszaktól függően változó nedvességtartalommal. A következő szinten a talaj felszínén lévő biomasszát találjuk. A legalsó a talajszint alatti éghető biomassza, pl. a tőzeg.²³

A tüzeket közvetlenül kiváltó okok lehetnek ember által okozottak, illetve természetesek. Magyarországon a Katasztrófavédelem adatai alapján a szabad területen keletkezett tüzeket 99%-ban az emberek okozzák²⁴. Ez abból az aspektusból jó hír számunkra, hogy van ráhatásunk a történésekre, tehát ezek a tüzesetek megelőzhetők. Az lakosság által okozott tüzek lehetnek szándékosak vagy gondatlanságból adódók is. A 2011-től 2020-ig terjedő időszakban történt erdő- és vegetációtüzek mennyiségét és megye szerinti eloszlását a dolgozat 10. számú függelékben található táblázatban foglaltam össze.

²² éghető anyag: Éghetőnek nevezzük azokat az anyagokat, amelyek oxigénnel, hőfejlődés mellett egyesülnek.
Forrás: Restás Ágoston: Égés és tűzoltáselmélet Bp. 2014 24. oldal

²³ Forrás: Védelem 2004.XI. évfolyam 2. szám

²⁴ Forrás: <https://www.katasztrofavedelem.hu/307/katasztrfatpusok-szabadtri-tzek>



7. ábra. Erdő és vegetációtüzek mennyisége hazánkban 2011-2020. Készítette: a szerző az 1. számú függelék adatai alapján

2.5 Megelőzés

Az erdő- és egyéb vegetáció tüzek megelőzésének leghatékonyabb módja a megfelelő edukáció. A gyermekeknek már egészen fiatal korukban be kell mutatni, hogy milyen pusztításra képes a tűz a környezetükben. Úgy gondolom, hogy a környezetismeret tantárgy keretein belül a tanterv részét kellene képezze erdeink tűzvédelme. Fel kell hívni a figyelmet a helyes prevencióra. Az erdészetek feladatává kell tenni, hogy személyesen fogadják a diákokat és szemléltessék, hogy milyen ökológiai katasztrófát okozhat egy eldobott cigarettacsikk vagy egy hanyagul eloltott táborítűz. Véleményem szerint, ha egy teljes generáció oktatása során nagy hangsúlyt fektetünk a szóban forgó témára, akkor mindenképp meg fogja hozni a befektetett munka a gyümölcsét, melyet a tüzeseti statisztikák számokban fognak igazolni.

Természetesen a megfelelő edukáció sem hozhat 100%-os eredményt. A tökéletes társadalom mindig csak egy utópia marad, ezért a jogalkotó kötelessége olyan jogszabályi háttérteret teremteni, amely kimondottan előír vagy tilt egyes dolgokat annak érdekében, hogy minimálisra csökkentse a szabadtéri tüzek kialakulásának lehetőségét, az okozót pedig szankcionálja. Magyarországon jogszabályi szinten az OTSZ²⁵ írja elő a szabadtéri tűzgyújtás és tüzmegelőzés szabályait. Véleményem szerint azokon az utakon, melyek közvetlenül olyan területeken haladnak keresztül, melyek tulajdonságaik alapján, megfigyeltén tűzveszélyesek, táblákkal

²⁵ 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

kellene felhívni az állampolgárok figyelmét arra, hogy egy autóból kidobott cigarettacsikk is lehet szabadtéri tűz okozója. Ezeken a táblákon az ezért járó bírságot is fel lehetne tüntetni bízva a nagyobb visszatartó erőben. Ugyancsak visszatartó erejű lehet a napjainkban elterjedt, fedélzeti kamera felvételét egy erre a célra létrehozott internetes platformra feltölteni. Ezen módon rögzített szabálysértést a Rendőrség vizsgálhatná ki, majd tehetné meg a jogi lépéseket. Ugyanezen gondolatmeneten haladva, turistaútvonalakon, kijelölt tűzrakóhelyeken táblákkal, plakátokkal lehetne felhívni a figyelmet a tűzrakás szabályaira, annak megszegésének ökológiai, illetve jogi következményeire.

2.5.1 Tűzzáró növények

Csemete- és aljnövényzettűzek elkerülésére használt tűzvédelmi forma. A megvédeni kívánt erdőterületek köré magas nedvességtartalmú növényeket telepítenek, melyek a szárazságban is megtartják a nedvességüket. Ezek a növények nem éghetőek, ezért képesek megvédeni az általuk körül zárt területet a tűz terjedésétől. Véleményem szerint a tűzzáró növények alkalmazása a lehető legjobb szabadtéri tűz elleni védekezési mód, egyrészt költséghatékonysága miatt másrészt a természetessége miatt.

Tűzzáró növény lehet:

- fehérhere
- vöröshere
- csillagfürt



8. ábra. Vöröshere, mint fontos tűzzáró növény. Forrás: www.nepgyogyaszat.com

2.5.2 Tűzgyújtási tilalom

Mikor a szabad területen keletkezett tüzek bekövetkezésének kockázata megnő, akkor az erdőgazdálkodásért felelős miniszter tűzgyújtási tilalmat állapíthat meg majd a Katasztrófavédelemmel egyeztetve hirdethet ki. *„Tűzgyújtási tilalom idején tilos tüzet gyújtani az erdőterületeken, valamint a fásításokban és az ezek 200 méteres körzetén belül lévő külterületi ingatlanokon. Ide értendők a felsorolt területeken található tűzrakó helyek, a vasút és közút menti fásítások, de tilos a parlag- és gazégetés is.”*²⁶ A tilalomról a NÉBIH EI²⁷ közleményt küld a közszolgálati médiának, illetve az illetékes szervezeteknek. Hivatalos honlapján közzéteszi a tilalomról szóló térképet. A saját tulajdonú, belterületi ingatlan területén végzett ételkészítés nem tiltott.

Tűzoltói munkám során azt tapasztaltam, hogy ezt a szabályozás adta kiskaput egyre többen használják ki. Az elégetni kívánt kerti hulladékot akár tűzgyújtási tilalom alatt vagy a helyi önkormányzat által nem engedélyezett időben a következő módon égetik el: a tűzrakó hely közvetlen közelében egy bográcsot, nyársbotot, étel alapanyagot tartanak készenlétben. Az égetni valót részletekben helyezik a tűzre. A bejelentésre kiérkező egységek látják a valós helyzetet, mégis kénytelenek a helyszínen lévő személynek „elhinni” állítását. Úgy gondolom, hogy a jogalkotónak az ételkészítés módját részletesen meg kellene határoznia. Ez alatt az éghető anyag minőségére és mennyiségére gondolok.

²⁶ <https://katasztrofavedelem.hu/53/tuzgyujtasi-tilalom>

²⁷ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatóság

3. A TŰZ ÉSZLELÉSE

Ahogy a bevezető részben írtam, a tűzoltási problémákat nem korlátozhatjuk a szó szoros értelmében vett tűzoltásra. A szabadtéri tüzesetekhez időben és térben szorosan kapcsolódó események ugyanolyan lényegesek, mint a tűz támadása. Szerencsés helyzetben vagyunk akkor, ha a szabadtéri tűz észlelése a keletkezés után rövid időn belül megtörténik. Ez a valóságban ritkán fordul elő. Legtöbb esetben az észlelés akkor valósul meg, mikor már a tűz kísérő jelenségei, mint például a füst már messziről látható. A szabadon égés²⁸ idejét jelentősen rövidíthetjük azzal, ha nem csak hagyományosan érzékszerveinkre hagyatkozunk, illetve bízunk abban, hogy valaki időben észreveszi a tüzesetet, azaz passzívan észleli²⁹.

Véleményem szerint a tüzek észlelése, detektálása terén fejlődünk kell, jövőbe mutató technológiákat kell alkalmaznunk, javunkra kell fordítanunk vívmányait. A tüzek észlelésénél kézenfekvőnek tűnhet fentről megfigyelni területeket. Felderítésnél nagy hasznát vehetjük a légijárműveknek, esetleg drónoknak, erről a már korábban említett: *Restás: Az erdőtüzek felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése* című doktori értekezéséből tudhatunk meg többet. A drónok irányításához, repülőgépek vezetéséhez humán erőforrás szükséges, karbantartásuk egy kamerához képest jóval költségesebb, egyes időjárási viszonyok közt nem képesek repülni. Ezzel szemben a tűz pontos lokalizálásánál, felderítésénél a légijárművek jelentik a hatékony megoldást. Detektálásnál egy statikus, aktív és automatikus rendszer kialakítása jelenti a költséghatékony, egyszerűen kivitelezhető megoldást.

Az automatikus szabadtéri tűz észlelése többféle módon lehetséges:

- műholdakról való megfigyelés
- földi megfigyelőállomásokról való megfigyelés
- légijárművekről való megfigyelés.

Hazánk 2015-ben az ESA-hoz (Európai Űrügynökség) csatlakozott. Ezen tagság Magyarország számára lehetővé teszi, hogy a Copernicus földmegfigyelési programban használt Sentinel műholdsorozat adatait szabadon elérhesse. Az elérhető adatok a műholdak által megfigyelt teljes területre vonatkoznak. Akárcsak a hőkamera, ezek a műholdak is képesek infra tartományban felvételt készíteni. Ezen tulajdonság teszi lehetővé a termikus rendellenességek

²⁸ szabadon égés: a tűz kezdetétől a az első sugár működéséig eltelt idő

²⁹ Restás Ágoston: Az erdőtüzek légi tűzoltásának kutatás-fejlesztése Bp. 2008

keresését, amely a szabad területen keletkezett tüzesetek detektálását teszi lehetővé. Abban az esetben, amikor a környezetüktől jelentősen eltérő hőmérsékleti pontokat találunk, akkor előfordulhat, hogy egy szabadtéri tűz jeleit látjuk. A NASA által működtetett Aqua, Terra, Suomi-NPP vagy a Sentinel-3 műholdak 2300-3000 km széles sávban felvételeznek, ezért naponta kétszer, háromszor is áthaladnak ugyanazon terület felett.³⁰

Ez már alkalmas lehet egy automatikus figyelmeztető rendszer kiépítésére, viszont a tűz terjedése szempontjából minden perc számít, így egy olyan rendszer működne a leghatékonyabban, mely csupán már néhány perces pontossággal tudná jelezni a kialakult tüzet. Léteznek „álló” műholdak is, ezek az ún. geostacionárius pályán mozgó műholdak. Ezek keringési távolsága kb. 36 ezer km, mely a precíz kamerák ellenére sem teszi lehetővé a kisebb tüzek észlelését. A tengerentúlon Kanadában 1998 óta működik a tűzfigyelő, leképző modellező rendszer.³¹

3.1 Automatikus szabadtéri tűz észlelő rendszer

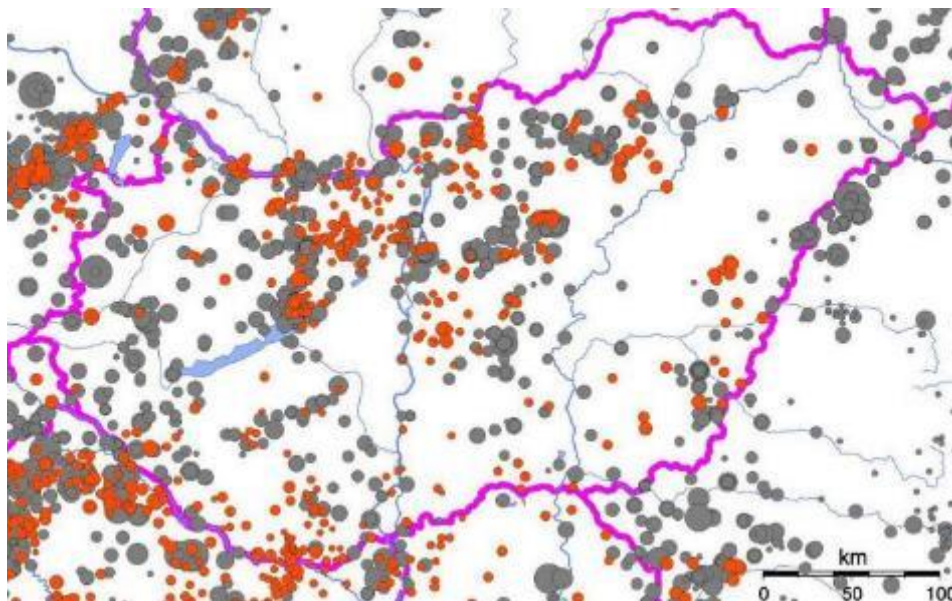
Úgy gondolom, hogy a legegyszerűbben, leggyorsabban és költséghatékonyan az országban egy kamerarendszert lehetne kiépíteni. Azokra a természetes vagy mesterséges magaslatokra helyezve a készülékeket melyekről a környező területek a legjobban beláthatók. Ezek lehetnek TV-tornyok, víztornyok, kilátók, magas lakóépületek, templomtornyok, adótornyok. A hegyvidékeken adottak a természetes magaslatok, és az ezeken lévő kilátók, épületek, viszont a sík vidékeinken, például az Alföldön természetes magaslatot nem találunk. Országunkban a 2016-os adatok szerint 270 db bázisállomás³² van. Ezek az ország területét teljesen lefedik, helyüket úgy választották ki, hogy a torony berendezései által közel vízszintesen kibocsájtott elektromágneses hullámok akadálytalanul terjedhessenek. Ezáltal az adótornyok tetejéről az időjárási viszonyoknak megfelelően akár 100 km-re is el lehet látni. Megítélésem szerint egy

³⁰ Karsa Róbert: Szabadtéri tüzek felderítése űrgeodéziai eszközökkel

³¹ Fire Monitoring, Mapping, and Modelling (Fire M3) Forrás: www.cwfis.cfs.nrcan.gc.ca

³² Bázisállomás: mobiltelefonos kommunikációt biztosító adótorony, a tényleges lefedettségért felel

nagy felbontású webkamera elhanyagolható összeg ahhoz a kárértékhez képest, amely a szabadtéri tüzek késői észlelése miatt keletkezik.



9. ábra. Bázisállomások elhelyezkedése Magyarországon. Forrás: www.marlpont.nl

Amennyiben mind a 270 darab bázisállomásra telepítünk egy, a tűz detektálását végző videokamerát, akkor az ország jelentős területét lefedhetjük az észlelő rendszerünkkel. Hazánk területe 93 ezer km². Feltételezésem szerint egy átlagos videokamera 10 km-es távolságig kiválóan képes a tűz kísérőjelenségeit felvenni. Ez azt jelenti, hogy egyetlen kamerával egy 10 km sugarú kör területén képesek vagyunk szabadtéri tüzeket detektálni. Abban az esetben, ha mind a 270 db toronynál egységesen 10 km sugarú kör területét vesszük, akkor a kamerák 84 ezer négyzetkilométert fednek le. Ez az ország területének kb. 90%-a. Fontos megjegyezni, hogy az ország jelentős területét alkotják városok, tavak folyók, melyek nem érintettek szabadtéri tüzekkel vagy a jelentős emberi jelenlét miatt az észlelés feltételezhetően gyors. E miatt és a lehetséges átfedések végett a bázisállomások kamerái által lefedett területet csökkentem 50%-kal. A csökkentett érték még így is az ország kb. 45%-os lefedettségét biztosítja, melyet tudatosan a szabadtéri tüzekkel leginkább érintett területekre lehet összpontosítani.

Hazánkban nem ismeretlen a távérzékeléses tűzdetektálás. Már a 2000-es évek elején a Szendrői Tűzoltóparancsnokság „Térfigyelő” projektje keretén belül kiépítésre került egy integrált megfigyelő és riasztási rendszer. A parancsnokság területének közel a mértani középpontjában található a Szár-hegy. A hegyen egy adótorony található, melyre 50 méter

magasságba kerültek felhelyezésre a szabadtéri tüzek észlelésére szolgáló kamerák.³³ A projekt eredményeként egy olyan rendszer jött létre melynek hatása a határon is átnyúló eredményeket hozott. A rendszer jelenlétével nemcsak a tűzoltás eredményessége, hanem a megelőzés hatékonysága is javult, a magasabb állampolgári fegyelem miatt. A videokamera élő képének figyelemmel kísérése a híradóügyelet feladata volt (10.ábra). A projekt eredményeképpen regisztrált detektálások születtek³⁴.

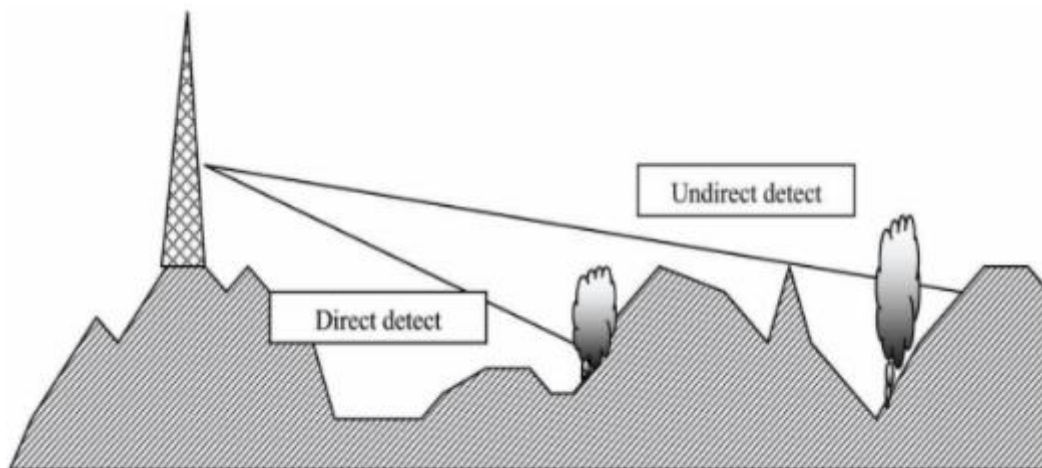


10. ábra. A „Térfigyelő” projekt működése alatt a Szendrői Tűzoltóparancsnokság ügyeletén figyelemmel kísérhető a videokamera élő képe.

A videokamera detektálása kétféle lehet: direkt és indirekt. Direkt módon azt értjük, amikor közvetlenül látjuk a tűzzel érintett terület égését. Indirekt módon azt értjük, hogy közvetlenül tüzet nem, de a legfőbb kísérőjelenségét a füstöt látjuk. A 11. ábra ezt szemlélteti.

³³ Restás Ágoston: Integrált környezetvédelmi tájfigyelő és riasztási rendszer fejlesztése vegetációtüzek korai észlelésére, Projekt Szakmai beszámoló

³⁴ „Térfigyelő” projekt zárójelentése, Szendrő, 2006



11. ábra Direkt és indirekt észlelés. Forrás: Restás Ágoston: *A szendrői tűzoltóság fejlesztései az erdőtüzek hatékonyabb oltása érdekében*

Természetesen a több száz kamera élőképét nem tudja egy ember figyelni egyszerre. Megoldás lehet a Hívatásos Tűzoltóparancsnokságok működési területén elhelyezkedő videokamerák képét az ügyeleti helységeken elhelyezett monitorokra továbbítani, ahogyan a 9. ábrán is látjuk. Tapasztalatom alapján úgy vélem, hogy az ügyeletesnek a napi feladatai és a parancsnokság ügyrendjében meghatározott kötelességei teljesítése közben nem tud kielégítően figyelni az élő kameraképre. Jómagam is láttam már el ügyeletési feladatokat, melyek teljesítése közben a híradós helységben elhelyezett monitoron láthattam a laktanya különböző pontjait. Még a parancsnokság reggeli „csúcsforgalma” sem kellett ahhoz, hogy ne vegyem észre a kapunál álló villogó jelzést adó kukásautót a monitoron. Amennyiben az ember belemerül a feladatai teljesítésébe, a perifériás látómezőben történő események egyszerűen figyelmen kívül maradhatnak.

Meglátásom szerint az informatika, számítástechnika olyan fejlettségi szintet ért el, a számítógépek olyan nagy teljesítménnyel rendelkeznek, hogy képesek az emberi pontosságnál jobban felismerni természeti jelenségeket, tárgyakat, személyeket. A mesterséges intelligencia segítségével egy szoftver képes lehet felismerni azokat a vizuális jeleket melyek tűzre, füstre utalhatnak. Abban az esetben, ha a program tűzre utaló jelenséget észlelt, egy jelzést küldhet a TIK³⁵-re vagy a Működési terület szerinti tűzoltóságra, ahol valós emberi döntés születne az esemény besorolására. Ez alapján egy esetleges téves jelzés nem jutna el a riasztás vagy akár a vonulás fázisáig.

³⁵ TIK: Tevékenység Irányítási Központ

3.2 A kamerarendszer lehetséges működése

A szabadtéri tüzek okozta károk minimalizálásának leghatékonyabb módja a gyors felismerés, majd a gyors és szakszerű beavatkozás. Kézenfekvőnek tűnhet a megfigyelést emberekkel végeztetni a helyszínen a nap huszonnégy órájában, de jobban belegondolva ez a módszer óriási humán erőforrást, anyagi ráfordítást igényelne. A megfigyelőnek nem csak egy távcsövet és egy kommunikációs eszközt kell biztosítani, hanem a jogszabályokban³⁶ előírt körülményeket is, tehát a megfigyelőhelyeknek infrastruktúrával is rendelkeznie kell, amely ezeken a helyszíneken megoldhatatlan. Déli szomszédunknál, Horvátország, Dalmácia megyéjében 16 helyen felállított állásból emberi megfigyelés működik minden év június 1-től szeptember 15-ig.³⁷

A mai technológiának köszönhetően, nem feltétlenül kell a megfigyelést végző személynek fizikailag a megfigyelő helyen lennie. A helyszíneken lévő kamerák képét egy központból is elegendő figyelni. A kamerákat vezeték nélküli módon össze lehet kapcsolni a központokkal, ezt a legegyszerűbben a mobil internet segítségével lehet elérni. A helyszíni megfigyeléshez képest már az effajta észleléshez is töredékével kevesebb emberi erőforrás szükséges. A videokamerák használatával a megfigyelő képes egy jóval nagyobb terület megfigyelésére, mint a terepen tartózkodó kollegája. Egyes videokamera modellek optikai zoommal vannak felszerelve, amelynek a segítségével részletesebb képet kaphat a megfigyelt területről. Az archivált felvételek segítségével könnyen meghatározható a tüzek keletkezési helyei, sőt, akár annak kiváltó okai is. A fent felsorolt előnyök mellett még így is költséges és sok energiát igénylő tevékenység marad a megfigyelő központokból való emberi megfigyelés. A már korábban említett németországi rendszer Brandenburg tartományban az erdőket 109 optikai érzékelő segítségével figyeli, melyek mindegyike hat perces időintervallummal 70 ezer hektár területet felügyel. A detektált tüzesetek adatai további kiértékelés céljából rádiókapcsolaton keresztül jutnak el az erdőtüzek felügyeletét ellátó központokba. Ezen központokban a több munkaállomáson zajló értékelésekkel bizonyosodnak meg a jelzés valódiságáról, helyéről, kiterjedéséről.³⁸

³⁶ 2012. évi I. törvény a munka törvénykönyvéről

³⁷ Forrás: www.hvz.gov.hr

³⁸ Restás Ágoston: Riasztás! Erdőtűz! A Wünsdorf-i Riasztó és Ellenőrző Központ működése c. video



12. ábra. A brandenburgi központ diszpécser állomása. Forrás: Restás Ágoston magánarchívuma

Ennél a pontnál következik az a kézenfekvő megoldás, hogy a kamera vizuális információiból egy szoftver képes legyen automatikusan felismerni a tüzet és kísérőjelenségeit. Erre is többféle variáció létezhet:

- Hagyományos kamerák: A legegyszerűbb, legolcsóbb megoldás az, ha egy hétköznapi térfigyelő kamera képét egy szoftver figyeli, mely nappal jobban látható füstölésre jelez, vagy az éjszaka szembe tűnőbb lángokra fókuszál. Természetesen ahogyan az emberi észlelésnél is van hibafaktor, az automatikus észlelésnél sem lehet teljesen kiküszöbölni a tévedéseket. Ilyen téves jelzések lehetnek például a reggeli vagy eső utáni pára- vagy ködfoltok füstként való érzékelése. Az ilyen észlelések elbírálásánál kaphatna szerepet a valós emberi döntéshozatal.
- Hőkamerák: A Katasztrófavédelem által rendszeresített kézi hőkamerákhoz hasonló elven működnek a telepített hőkamerák is. *A hőkamera működésének alapja, hogy minden fizikai anyag, amely melegebb, mint az abszolút 0 fok (azaz -273°C), az emberi szem számára láthatatlan hullámhosszon, a (hosszú $8\text{-}15\ \mu\text{m}$) hullámhosszú infra tartományban elektromágneses sugárzást bocsát ki. A hőkamera érzékelője ezt a sugárzást alakítja képpé, különböző színekkel jelenítve meg az eltérő hőmérsékletű felületeket. Az észlelt infravörös sugárzás mértéke a tárgy felületének hőmérsékletétől függ. Minél magasabb a tárgy hőmérséklete, annál több infravörös sugarat bocsájt ki. A hőkamera nem a hőmérsékletet, hanem az infra tartományú sugarakat (hősugárzást)*

érzékelő.³⁹ A hőkamerákat akár lézer alapú távérzékeléses technológiával (LiDAR)⁴⁰ lehetne kiegészíteni, mely a füst részecskéi által visszavert lézerfényből meg tudná állapítani, hogy milyen messze van a tűz. A hőkamerák telepítése rendkívül hasznos, ám nagyon költséges megoldás lenne.

Az ilyen nagy költségű beruházásnál a legfontosabb, hogy a megfelelő ár-érték arányú megoldást válasszunk. A különböző fényérzékelők, hőkamerák ára jelentősen magasabb, mint a jó minőségű videokameráké. A képeinek értelmezéséhez magasabb szintű szaktudás nem szükséges.



13. ábra. A szabadtéri tüzek észlelésére létrehozott központ Horvátországban, Hvar szigeten. Forrás: DVD Hvar

Meglátásom szerint hazánkban hagyományos videokamerákból álló rendszer telepítése lenne célszerű, mely a tüzet felismerő szoftver segítségével észleli a potenciális veszélyt. Az észlelés után jelzést küld a működési terület szerinti Tevékenység Irányítási Központnak. Az ügyeltesek értékelik a jelzést, akár manuálisan a jelzést küldő videokamera élő képére kapcsolnak és megbizonyosodnak a szükséges erő-eszközök riasztásáról. Amennyiben valós tüzesetről van szó, a riasztott egységeknek PAJZS rendszeren keresztül küldött riasztási laphoz csatolják a helyszínen készült felvételeket, a helyszín könnyebb beazonosítása érdekében. Ideális esetben, ha valamilyen domborzati forma, tereptárgy nem takarja el az érkező egységeket, a

³⁹ Forrás: www.profactum.hu/hokameramukodese

⁴⁰ Light Detection and Ranging

videokamera képén már látszanak. Ekkor a kamera képét figyelő ügyeletes, rádión keresztül szükség szerint útbaigazítást adhat a szereknek.

3.3 Mesterséges intelligencia szerepe az észlelésben

„Mesterséges intelligenciának egy gép, program vagy mesterségesen létrehozott tudat által megnyilvánuló intelligenciát nevezzük. A mesterséges intelligenciát legtöbb esetben számítógépnek tekintjük. Egy ilyen géptől elvárjuk, hogy emberi beavatkozás nélkül képes legyen a környezettől kapott információkra reagálni, emellett hasonló viselkedést várunk el, mintha egy élőlény lenne. Végül ez a gép a lehetőségek szerint a célnak megfelelően cselekedjen és a cselekvését mind tökéletesebben végezze, azaz képes legyen tanulni.”⁴¹

Amikor a mesterséges intelligencia fogalmával találkozunk, akkor sokunknak jut eszébe egy olyan jövőkép, ahol a számítógépek átveszik az emberek feladatait, ezáltal nem feltétlenül pozitívan állunk hozzá. Ez a gondolat már gyökereiben tévesnek bizonyul, mivel már napjainkban is a mesterséges intelligencia mozgatja a világot. Működése az egymással összekapcsolt számítógépeken alapszik, melyek bonyolult programok sokaságát futtatják egyszerre. Ezek közül néhányat algoritmusokként lehet jellemezni, másokat pedig olyan algoritmusokként, amelyek bonyolultságát, összetettségét tekintve intelligenciának definiálhatók.

Szükséges megadnunk a számítógépnek egy célt, eredményt amit végeredmény képpen kapni szeretnénk. Ezek után a gép saját maga tanulja meg, hogy hogyan érje el azt. Ebből származik a gépi tanulás kifejezés. Mindegyik sikeresként elfogadott algoritmus után a szoftver egyre „ügyesebb” lesz. Annak ellenére, hogy kezdetben egy ember írta a programot, az algoritmusnak önálló tudata lesz, a megépített gép önmagát formálja át.

A videokamerák képei alapján egy általunk létrehozott mesterséges intelligenciának a feladata automatikusan felismerni az adott vizuális jelenségről, hogy köze van-e valamilyen tűzesethez. Ezt úgy tudjuk elérni, hogy minél több adatot kell gyűjtenünk a tűzesetek vizuális tulajdonságairól: lángról, füstől, pernyéről stb.

⁴¹ Gubán: Mesterséges intelligencia, Gábor Dénes Főiskola, egyetemi jegyzet, Budapest. 2014

Az így gyűjtött bemeneti adatok segítségével be kell tanítanunk egy szoftvert a hasonló jelenségek észlelésére. Bemeneti adatnak olyan adatokat válasszunk, amelyek ismereteink szerint korrelálnak⁴² a kimeneti adatainkkal.⁴³ Minél nagyobb a bemeneti adatbázisunk, annál pontosabb kimeneti adatokat vagy tűz észleléseket kaphatunk a programunktól. Úgy gondolom, hogy a bemeneti adatok gyűjtése nem jelentene nehézséget, mert a Katasztrófavédelem évekre visszamenőleg tárolja a káreseteknél készült kép és video anyagokat. Ezzel a nagy mennyiségű tűzeseteknél készült adattal egy jelentős adatbázis készíthető. Ebből a nagy mennyiségű adatból a gép önmagától is képes új összefüggéseket kinyerni, ezt nevezzük gépi tanulásnak. A valós tűzjelzések képi anyagait „visszaforogathatjuk” a bemeneti adatbázisunkba, így minden észleléssel gyarapíthatjuk azt.



14. ábra. A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás rétegei. Forrás: Németh Zoltán: *Mesterséges intelligencia az építőiparban* című cikk <https://www.hungarocad.hu/mesterseges-intelligencia-az-epitoiparban/>

A 14. ábra jól szemlélteti, a mesterséges intelligencia legfontosabb tulajdonságát, a gépi tanulást, azon belül a mélytanulás mechanizmusát. Ez teszi lehetővé, hogy a megalkotott intelligencia a kezdeti, tervezési, kivitelezési fázist követően „önfenntartóvá” váljon.

⁴² korrelál: kapcsolatban áll valamivel

⁴³ Karsa: Mit hoz a jövő? Pécs 2020

3.4 A tüzeset pontos helyének meghatározása

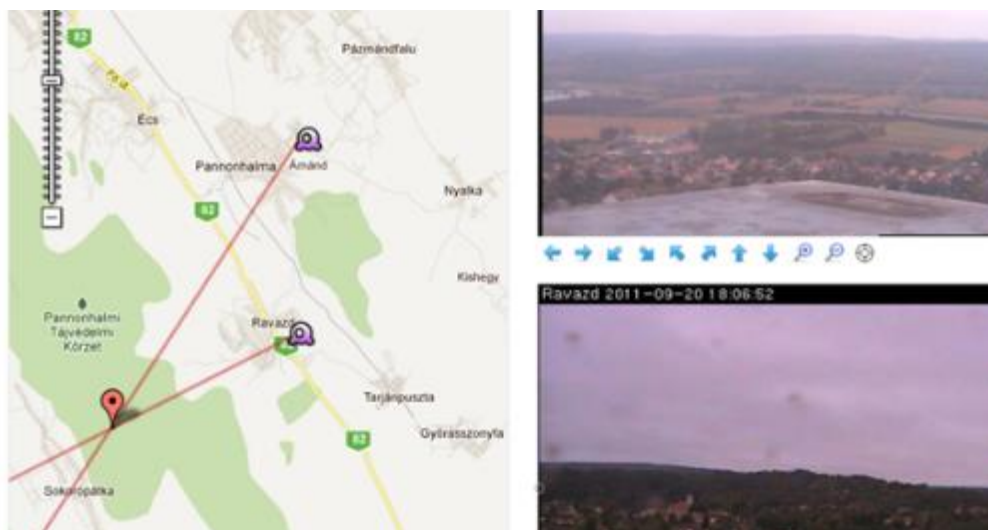
A sikeres észlelés után következő legfontosabb mozzanat a detektált tüzeset helyének meghatározása. A brandenburgi detektáló rendszer a tüzeset pontos helyének meghatározását a körzetben található kamerák látószögeinek összevetésével, azok metszéspontjai által végzi.



15. ábra. A brandenburgi detektáló rendszer kameráinak elhelyezkedése. Forrás: Restás Ágoston: *Riasztás! Erdőtűz! A Wünsdorf-i Riasztó és Ellenőrző Központ működése*

Ez a módszer tulajdonképpen a háromszögelés elvén alapszik. A háromszögelés alapja, hogy két pont helyzetét ismerjük, melyek jelen esetben a kamerák helyei. Fontos információ még a két pont távolsága, valamint a két ismert pontot összekötő egyenes és a kamerák iránya által bezárt szög nagysága. Ezekkel az adatokkal pontosan meghatározható a háromszög harmadik csúcsa, mely esetünkben a keletkezett tűz helyét jelenti. Ennek a helymeghatározási módszernek hazánkban Pannonhalma környékén vizsgálták működőképességét.

Meglátásom szerint, amennyiben van lehetőség a területet több pontból megfigyelni, akkor célszerű alkalmazni a háromszögelés technikáját. Az általam vázolt automatikus szabadtéri tűz észlelő rendszer egyik követelménye, hogy minél költséghatékonyabb legyen. Ez végett gondolom célszerűnek a már meglévő tornyokra telepíteni a kamerákat. A tornyok helyzete nem feltétlenül biztosítja, hogy egy adott területet több szögből tudjunk figyelni. Véleményem szerint, amint a videokamera észlelése korábbi a hagyományostól, az időnyereségünk birtokában már elenyésző lesz a tűz valós helyzetének a meghatározása. A területileg illetékes tűzoltóság a riasztási lappal megtekintheti a kamera által érzékelt tüzeset fényképanyagát. A helyismerettel rendelkező tűzoltók nagy valószínűséggel tudni fogják beazonosítani a tüzeset helyét, vagy le tudják szűkíteni a területet, ahol keresni kell a tüzet.



16. ábra: A pannonhalmi és a ravazdi kamerák háromszögletes helymeghatározásra voltak képesek.
 Forrás: Restás Ágoston magánarchívuma

A fentiekben a szakirodalmi áttekintések eredményeivel, a már létező nemzetközi rendszerek tanulmányozásával és elemzésével, a már hazánkban is működött két rendszer tapasztalatainak a felhasználásával, valamint egy általam elképzelt lehetséges rendszer működési elvének felvázolásával igyekeztem igazolni azt, hogy a távérzékelés már a jelenlegi rendszerek alkalmazásával is lehetővé teszi a tüzek észlelését. A fentiekkel úgy érzem, hogy az első célkitűzésemet teljesítettem, hipotézisemet igazoltam.

4. A TŰZ ÉSZLELŐ RENDSZER LÉTJOGOSULTSÁGÁNAK BIZONYÍTÁSA

Az automatikus szabadtéri tűz észlelő rendszer létjogosultságát a 2021.07.29-én Pécs határában történt nagy kiterjedésű, IV. kiemelt fokozatú szabadtéri tűzesettel szeretném bizonyítani. Ez volt az a tűzeset, amely felkeltette bennem a távérzékelés alkalmazása iránti érdeklődésemet, és az egész kutatásomat, illetve a dolgozat megírását motiválta. A tűzesetet követő héten egy mecsekoldali séta alkalmával észrevettem, hogy a tűzeset helyszíne irányába egy kamera néz. Utánajártam, hogy a www.idokep.hu internetes weboldalon megtekinthető a kamera képe, illetve az előző napi archivált felvételek. Következő szolgálati napon megkerestem a káreset napján a kamera által felvett anyagot. Összevettem a KAP online, illetve a BM OKF PAJZS rendszer adataival a felvételen látható időbélyeget. Ennek az eredménye további kérdéseket vetett fel, mely nagy motivációt adott a kutatásom végzéséhez.

Az eset elemzése során megállapítottam, hogy az első bejelentés 10:43-kor érkezett, ezzel szemben a Pécs Mecsekoldalon lévő webkamera képén már 10:27-kor látszik a tűz füstje.



17. ábra. Pécs, Mecsekoldalon lévő kamera szabadtéri tűzesetet észlel. Forrás: www.idokep.hu

A riasztási lapról megtudhatjuk, hogy a jelzés 10:43-kor futott be a hívásfogadó központok egyikébe. Az adatlap 10:48-kor érkezett meg a Baranyai TIK-be. Mivel szabadtéren keletkezett a tűz, a helyszín nehezen beazonosítható. Egy helyismerettel nem rendelkező személynek sok időt vehet igénybe a tájékoztató pontok beazonosítása, főleg úgy, hogy a hívásfogadó sem rendelkezik helyismerettel. Erre megoldást jelenthet a kamera által észlelt, tüzesetről készített képek riasztási laphoz való csatolása. Ez alapján az egységek egy valós helymeghatározást kapnak. Saját tapasztalataim alapján rengeteg idő vész kárba a szabadtéri tüzesetekhez való vonulás alatt a pontos helyzet keresése közben. A tűzoltó kollégákkal folytatott konzultációk során megerősítést nyert, hogy nem ritka az olyan eset, amikor az egységek látják a tüzeset füstjét, de a geológiai adottságok miatt nem tudják, hogy melyik úton lehet azt megközelíteni.

Település:	Pécs-Nyugat
Cím:	Makay István út 5
Jelzés dátuma:	2021. 07. 29. 10:43:07
Adatlap beérkezése (HÍR rendszerből):	2021. 07. 29. 10:48:04(Tüzeset/Gaz, Avar)
Káreset fajtája:	Tüzeset
Kategória I.:	Gaz, avar, tarló
Kategória II.:	-
Kategória III.:	-
Kategória IV.:	-
Esemény rövid leírása:	Pláza elkerülön a 6os úton a felüljárónál az erdőben hatalmas fekete füstöt lát. Arra megy autóval, a Makay úti Tescótól elfele.
Bejelentő adatai (név, telefonszám):	Névtelen!!!06304364016
Riasztási fokozat:	IV.
Módosított riasztási fokozat:	I.
Mit veszélyeztet:	-
Életveszély:	Nem
Megkülönböztető jelzés használata:	Igen

Szerrend	Megjegyzés	Riasztás dátuma	Indulás dátuma	Kiérkezés dátuma	Visszafordulás dátuma
Pécs/2	3000 liter	2021. 07. 29. 10:48:36			2021. 07. 29. 10:50:01
Pécs/3	1000 liter	2021. 07. 29. 10:50:07	2021. 07. 29. 10:50:11	2021. 07. 29. 10:56:30	2021. 07. 29. 17:22:05
Pécs/2	3000 liter	2021. 07. 29. 10:56:13	2021. 07. 29. 10:58:48	2021. 07. 29. 11:00:58	2021. 07. 29. 17:33:52

18. ábra. A káreset riasztási lapja. Forrás: BM OKF Pajzs rendszer.

4.1 A tűz paramétereinek alakulása korai és késői észlelés esetén

A kép időbélyege alapján látható, hogy a kamera a tűz füstjét 13 perccel korábban észlelte az első bejelentéshez képest. A bejelentő részletes kikérdezésével, és az adatlap a Baranya megyei TIK-be érkezéssel összesen 21 perc telt el. A kamera képeire, valamint a riasztási lap adataira hagyatkozva ebben az esetben 21 perc különbséget feltételezek a két típusú észlelés között. A különbség alapján szeretnék megbizonyosodni arról, hogy ez alatt az idő alatt mennyivel kevesebb leégett terület, azaz kárérték keletkezett volna. A számítások segítségével képet

szeretnék adni arról is, hogy a tűz korai észlelésének eredményeképpen mennyivel kevesebb erő-eszköz szükséges a kárhelyen⁴⁴.

Természetesen a tüzet észlelő videokamera képeit is értékelni kell, akár mesterséges intelligencia, akár emberi tevékenység eredménye az, ezért erre a tevékenységre 1 perc időtartamot feltételezek, amelyet levonok az észlelés és a riasztás közt eltelt időből.

1. táblázat: A pécsi káreset adatai

A tűz észlelése a kamera által	10:27
A tűz észlelése, jelzése a bejelentő által	10:43
Adatlap beérkezése a TIK-be	10:48
Szer(ek) riasztása	10:48, 10:50
Vonulási idő	6 perc
Az első szer ⁴⁵ kiérkezésének az ideje	10:56
A beavatkozás megkezdése	10:58
A tűz szabad fejlődésének ideje ⁴⁶ a valós beavatkozásnál (tsz)	31 perc
A tűz vélt szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembevételével	11 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A kamera észlelése által nyert idő	20 perc
A kárhely körülményei alapján feltételezett tűzterjedési sebesség (v_1)	2,2 m/perc
A tűz területe ⁴⁷ kiérkezéskor (A_t)	15.000 m ²

⁴⁴ kárhely: a tűzoltói beavatkozás során érintett terület, melynek határát az irányításért felelős személy (tűzoltásvezető) jelöli ki. Forrás: 6/2016 BM OKF utasítás Tűzoltás-taktikai szabályzat I. fejezet Értelmező rendelkezések

⁴⁵ szer: a tűzoltóság olyan készenlétben tartott gépjárműve, amely a beépített és málházott szakfelszerelésekkel, oltó és segédanyagokkal áll rendelkezésre a tűzoltási és műszaki mentési feladatokra. Forrás: 6/2016 BM OKF utasítás Tűzoltás-taktikai szabályzat I. fejezet Értelmező rendelkezések

⁴⁶ A kamera által szolgáltatott adatok alapján megközelítőleg tudjuk, hogy mikor keletkezett a tűz. Innen következtetünk a tűz szabad fejlődésének idejére.

⁴⁷ A feltételezett tüzesetnek a vizsgált időpontig valószínűsített és számítással meghatározott alapterülete. 109/2000 BM OKF főigazgatói intézkedés

A kutatásaimhoz korlátozott erőforrásaim voltak, így a számításokhoz számos egyszerűsítő feltételt vettem. Ezek az egyszerűsítések nyilvánvalóan befolyásolják az eredményeket, de lehetővé teszik, hogy az alkalmazott módszertan helyességét igazolják. Mivel a dolgozatban bemutatott vizsgálat szándékaim szerint csak a kezdetét jelentik egy későbbi, összetettebb elemzésnek, így az egyszerűsítések szerintem ezen a szinten még elfogadhatók. Ha ezekkel az egyszerűsítésekkel a távérzékelés előnyeit bizonyítani tudom, úgy a későbbi vizsgálatok is eredményesek lehetnek, vagyis célszerű elvégezni őket. A vizsgálataim során a következő egyszerűsítésekkel éltem:

- a tűz keletkezését – kamerás észlelésnél is – pontszerűnek veszem,
- a vegetáció homogén, így a tűz intenzitása, terjedési sebessége a vizsgálat során állandó,
- a környezeti feltételek nem változnak, nincs szél és a domborzat hatása sem érvényesül,

a tűz terjedése időszakonként koncentrikus körökkel jellemezhető. Az elméleti tűzterjedést a következő képletek segítségével számoljuk ki:

$$R_{tűz} = \sqrt{\frac{A_t}{\pi}}$$

vagy

$$R_{tűz} = v_1 \times t_{sz}$$

$$K_{tűz} = 2 \times R_{tűz} \times \pi$$

$$A_{tűz} = R_{tűz}^2 \times 2 \times \pi$$

ahol:

- $R_{tűz}$: a tűz sugara
- $K_{tűz}$: a tűz kerülete
- $A_{tűz}$: a tűz területe
- t_{sz} : tűz szabad terjedésének ideje
- v_1 : tűzterjedés gyorsasága

Az első egység kiérkezésekor (10:56) a tűzoltásvezető jelentése szerint az égő tarló kiterjedése 1,5 hektár volt, vagyis 15.000 m². Ez az érték egy körülbelüli, a felderítéskor becsült érték, mely az emberi tévedési lehetőséget is magában hordozza. A dolgozat következő részében ezzel az adattal fogok számolni, még ha a tűzeset valós területe el is térhetett ettől a számtól.

Arányaiban így is látjuk, hogy mennyit jelenthet egy beavatkozás korai megkezdése. Feltételezésem szerint az éghető anyag sajátosságai, illetve a helyszínen uralkodó szélviszonyok (helyszínen lévők megítélése és a kamera képei) alapján a tűzterjedés gyorsasága 2,2 m/perc. Ezt az értéket igazolni tudom a kutatást motiváló tüzeset eredményeivel és a függelékben még 9 db másik tüzeset vizsgálatával. Ezeknek a tüzeknek az átlagos tűzterjedési sebességére szintén kb. 2,2 m/perc értéket kaptam. A terjedési sebesség igazolásának szemléltetése a 25. ábrán látható.

$$A_p = 15000m^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_t}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{15000m}{\pi}$$

$$R_t = 69,12m$$

$$K_{tűz} = 2 \times 69,12m \times \pi$$

$$K_{tűz} = 434 m$$

A fentiek alapján, abban az esetben, ha 20 perccel előbb történt volna a riasztás a szabadon égés ideje csak 11 perc lett volna:

$$R_t = v \times t_{szp}$$

$$R_t = 2,2 \frac{m}{s} \times 11min$$

$$R_t = 24,2m$$

$$A_{tűz} = (R_p)^2 \times \pi$$

$$A_{tűz} = (24,2m)^2 \times \pi$$

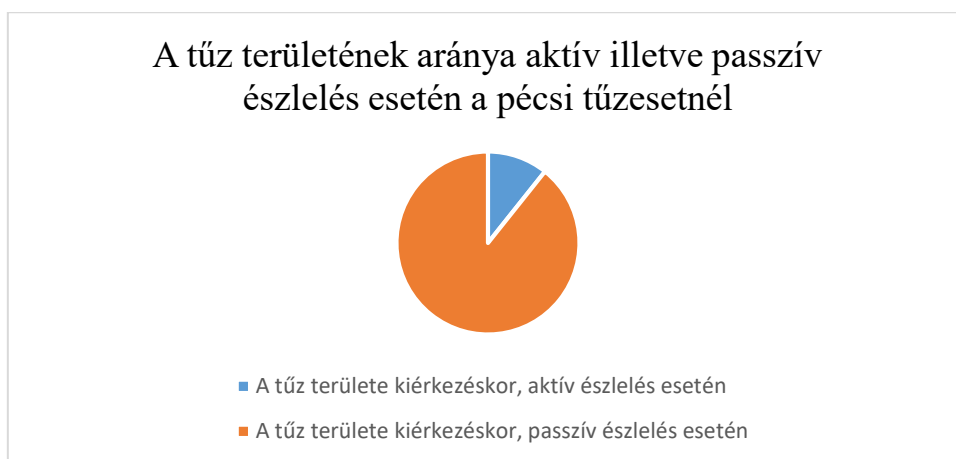
$$A_{tűz} = 1839,9m^2$$

$$K_{tűz} = 2 \times 24,2m \times \pi$$

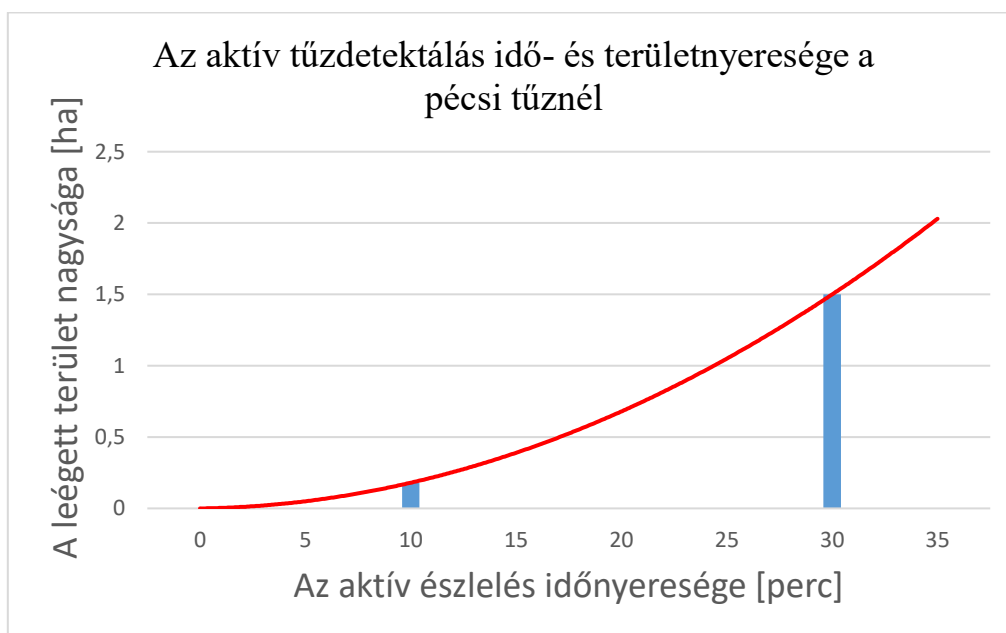
$$K_{tűz} = 152m$$

2. táblázat: Összesített adatok

Összesítés		
	Passzív észlelés	Aktív észlelés (kamera által)
Tűz sugara	69,12 m	24,2 m
Tűz kerülete	434 m	152 m
Tűz területe	1,5 ha	0,18 ha



19. ábra A tűz területeinek szemléltetése a két észlelési mód alapján



20. ábra Az aktív tűzdetektálás idő- és területnyeresége a pécsi tűznél

Az összesített eredmények alapján megállapítom, hogy ha nem a passzív észlelésre hagyatkozunk – ami szerencsés esetben a tűz keletkezési ideje után nem sokkal, de szerencsétlen esetben akár órákkal később következik be, akkor jóval kisebb leégett területre, így jóval kisebb kárértékre is számíthatunk. Aktív észlelés esetén a vizsgált pécsi szabadtéri tüzesetnél a tűz sugara 34%-a, a kerülete 35%-a, a területe 12%-a passzív észleléshez képest a kiérkezés pillanatában.



21. ábra. A késői észlelésnek köszönhetően a tűz gyorsan terjed. Forrás: www.idokep.hu

4.2 Videokamera által észlelt releváns tüzesetek

Egy feltételezés igazolásánál nem elégedhetünk meg csupán egyetlen bizonyítékkal. Feltételezésünket minél több adattal, ténnyel kell megcáfolhatatlanná tennünk annak érdekében, hogy bebizonyítsuk a véletlenek közrejátszásának hiányát. Az előzőekben bemutatott pécsi szabadtéri tüzeset bár kellően igazolja a dolgozat elején felállított hipotézist, ennek ellenére még 9 db, a kutatómunkám során összegyűjtött hasonló káresetet kívánok igazolásként bemutatni. A 3. táblázatban szereplő képek mindegyike olyan szabadtéren keletkezett tüzeseteknél készült, melyek kísérőjelenségeit egy, a területet megfigyelő videokamera már jóval a bejelentése időpontja előtt rögzítette. Kutatásom során azon videokamerák felvételeit elemeztem, melyek elhelyezésükből adódóan nagy területet képesek belátni. A megfigyelt területen lévő települések szerint a KAP Online rendszer segítségével 2020. és 2021. évi erdő- és vegetációtüzeket kerestem. A találati eredmények időpontjai alapján a www.idokep.hu weboldalon elérhető kamerák archivált felvételeit vizsgálva elemeztem a tüzeset észlelhetőségét, fejlődését. A táblázatban szereplő képeket igazolásként a videofelvételekből vágtam ki abban az időpontban, amikor már az álló képeken is egyértelműen látszanak a tűzre, füstre utaló jelek, vagyis detektálható a tűz. A vizsgálataim arra is rámutattak, hogy a mozgóképeken a tüzet kísérő füst akár már percekkel előbb is észrevehető az állóképekhez képest. Ez elfogadhatóvá teszi, hogy a számításaimnál a képi detektálás idejéhez

1 perc időtartamot vettem. A képekhez kapcsolódó tüzesetek a dolgozat függelékében kerültek részletes bemutatásra.

4.3 A vizsgált tüzesetek paramétereinek számítási módszertana

A dolgozatomban referencia tüzeseténél és a függelékben szereplő tüzeseteknél a meglévő adatokból ugyanazon módszertan segítségével számoltam ki az aktív, illetve a passzív észlelés következtében kialakuló paramétereket. Kutatásomat munkám mellett, külső támogatás nélkül készítettem, így kénytelen voltam a tüzesetek számításánál „steril” körülményekkel, tankönyvekből, publikációkból nyert elméleti adatokkal dolgozni. A feltételezéseim megalapozásához hozzájárultak tűzoltó hivatásomban eltöltött évek gyakorlati tapasztalatai, a megfigyelt összefüggések. Számításaim kizárólag az aktív és passzív észlelési módnál a kiérkezésig kialakult tűz körülményeire vonatkoznak. A tűz további alakulásának körülményeivel már több szakmai és tudományos mű foglalkozik, így azoktól ebben a dolgozatban eltekintek.

A tüzesetek kialakulási időpontját az aktív észlelés időpontjával tettem azonossá, ez időpontban a tűz területének kiterjedését pontszerűnek, azaz 0 m^2 -nek vettem. Természetesen a valóságban, mikor már távolról füstöt észlelünk, akkor már van valamekkora kiterjedése a tűznek. Már kevés szakmai tapasztalattal is tudjuk, hogy egy $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ -es, azaz 100 m^2 -es tűznek a füstje már messziről is látszik. A függelékben számolt tüzesetek átlag területe 4 hektár, azaz 40.000 m^2 . Ehhez képest lényegében eltörpül az észlelésnél vett 100 m^2 . Még egy hektárhoz képest is csak 1%-ot jelent. Még tovább is feszíthetjük a kérdést azzal, hogy különböző időjárási viszonyok közt lehet, hogy már egy 5 m^2 -es tűznek is látjuk a füstjét távolról, mely végképp eltörpül a hivatkozott 4 hektáros tüzeset kiterjedésétől. A legtöbb számolt tüzesetnél a tűzterjedés sebessége alacsony, 3 m/perc alatti, ezért a terjedés sem mérvadó ennél a pontnál. Úgy gondolom, hogy számolásom menetét a fenti tényezők nem befolyásolják nagyságrendileg.

A bejelentéstől a kiérkezésig eltelt időt *vonulási idő* címszó alá vettem (amely nem azonos a Tűzoltási és Műszaki mentési szabályzatban meghatározottal. Az egyszerűség miatt a jelzés és a kiérkezés közti időt jelölöm vele.) A gyakorlatban megvalósult vonulás idejének 1 perccel növeltem meg az értékét, a kamera által küldött jelzés feldolgozása végett. Az így kapott növelt érték a számolásban *a tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembevételével* (ts_a) sorban található. Ennek az értéknek a segítségével tudtam kiszámolni az aktív észlelés általi

tűznek a kitérkezés pillanatában figyelembe vehető aktuális sugarát, területét, területét. Az *automatikus észlelés által nyert idő* a passzív és az aktív észlelés közti idő és plusz 1 perc a kamera képének feldolgozása miatt.

A passzív jelzésnél, vagyis a valóságban megtörtént tüzeknél a tűzoltásvezető által becsült és rádióon leadott tűzterület nagyságából voltam kénytelen számolni. Kilenc esetből nyolcszor egész hektárra kerekített érték lett megadva. Ez már magában egy pontatlansághoz vezet, mivel egy tagolt, sokszor beláthatatlan területet a talajszintről vizsgálva nem lehet pontosan megbecsülni. Amennyiben egy 1 hektáros kezdeti tűznél a tévedés 1% és 10 % közötti, az néhány méter sugárkülönbséget eredményezhet. Ezzel a pontatlansággal, pontosabban nagyvonalúsággal dolgozatom készítése közben kénytelen voltam kompromisszumot kötni.

3. táblázat. Releváns káresetek

	A	B	C
1.)			
2.)			
3.)			

22. ábra. Videokamerák által érzékelt szabadtéri tüzesetek fotói. Forrás: www.idokep.hu

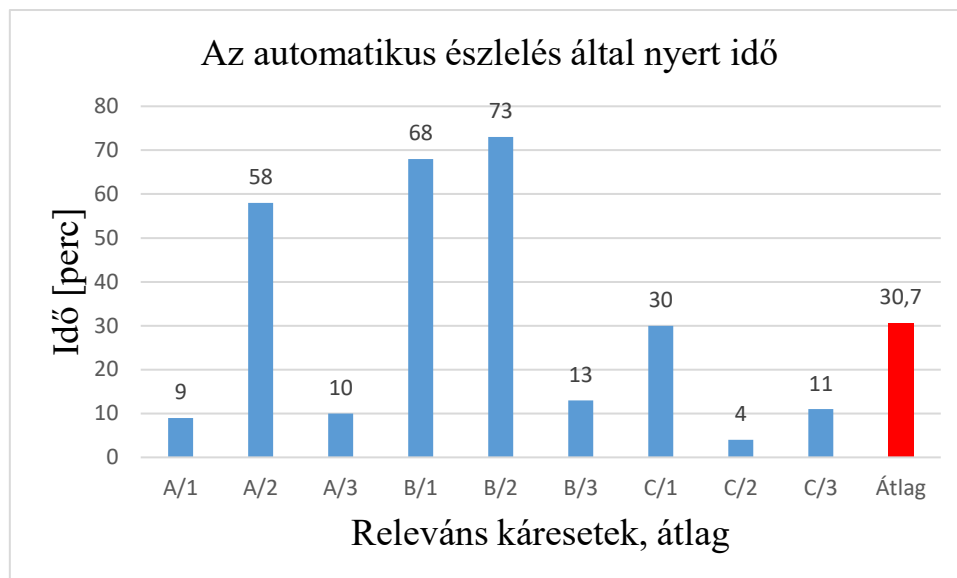
A vizsgált tüzeseteket egy táblázatba helyeztem és kódokkal láttam el. A kódok a következő tüzeseteket jelzik:

- | | |
|----------------------------------|-------------|
| • A/1 kép: Cserdi, 2021.09.11. | 535285 TMMJ |
| • B/1 kép: Eger, 2020.02.19. | 446185 TMMJ |
| • C/1 kép: Eger, 2020.05.03. | 410143 TMMJ |
| • A/2 kép: Eger, 2020.09.14. | 392304 TMMJ |
| • B/2 kép: Eger, 2021.02.27. | 479979 TMMJ |
| • C/2 kép: Eger, 2021.03.31. | 487976 TMMJ |
| • A/3 kép: Fonyód, 2021.02.27. | 480065 TMMJ |
| • B/3 kép: Gyöngyös, 2021.07.04. | 511660 TMMJ |
| • C/3 kép: Pécs, 2021.03.02. | 511660 TMMJ |

Az első hipotézisemben feltételeztem, hogy a Magyarországon a jelenleg rendelkezésre álló távérzékelő rendszerekkel is lehet szabad területen keletkezett tüzeseteket észlelni. A fejezetben bemutatott tüzeset, valamint a függelékben részletesen bemutatott és elemzett A/1 – C/3 tüzesetek alapján – amelyek felvételei gyakorlatilag normál webkamerákkal készültek – úgy érzem, hogy igazoltam első hipotézisemet, hiszen valamennyi felvételen jól kivehetők, észlelhetők a tüzesetek.

4.4 A releváns tüzesetek adatainak kiértékelésének eredménye

A függelékben bemutatott káresetek részletes elemzésénél a legfontosabb szempont az automatikusnak feltételezett tűz észlelő rendszer segítségével nyerhető idő a detektálásban. Az észleléssel nyert idő pozitív hozadéka, hogy az elsődleges beavatkozás percekben, olykor több 10 percben mérhetően hamarabb kezdhető meg. Ez egyet jelent a leégett terület nagyságának csökkenésével, a természetben, anyagi javakban keletkezett károk mérséklődésével. A függelékben feldolgozott kilenc káresetnél átlagolva 30,7 percet nyerhettünk volna a beavatkozás megkezdésénél a kamera képeire hagyatkozva. A legkisebb időnyereség 4 perc (C/2), a legnagyobb 73 perc (B/2) lehetett volna.

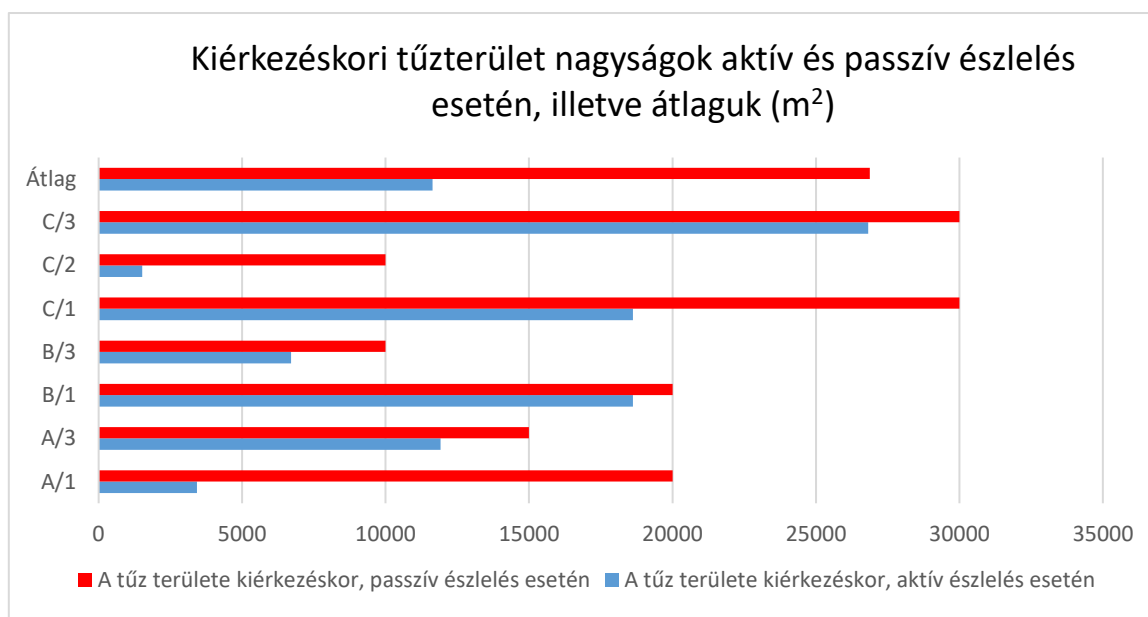


23. ábra. Az automatikus észlelés által nyert idő. Forrás: függelékek

A 23. ábrán jól látszik, hogy egyes tűzeseteknél kiemelkedően hamarabb detektálta a kamera a kialakuló tüzet, mint ahogyan a hagyományos jelzés megtörtént. Ez persze rendkívül sok tényezőtől függhet. A levegő páratartalma, a napszak, felhőzet, a kamera lencséjébe jutó fény irányszöge, vagy akár a lencse tisztasága is befolyásolhatja az észlelés gyorsaságát, pontosságát.

Az „A/2” illetve „B/2” tűzesetek tekintetében a kiérkezéskor tapasztalt tűzzel érintett terület nagysága sokszorososa annak a feltételezett tűzterület nagyságnak, amely a kamerarendszer jelzése alapján fogadta volna a beavatkozó állományt. A 24. ábrán ez a két tűzeset nem szerepel, ugyanis módszertanilag elfogadható a kiugró szélső értékek figyelmen kívül hagyása a pontosabb középérték meghatározása céljából. A két kiugró érték a káresetek sajátosságainak köszönhető. Ilyen sajátosság a nádistüzeknél jellemző, eltérő tűzterjedési sebesség.

Amennyiben komplexen vizsgáljuk az összes esetet, akkor rájövünk, hogy a nyert idő és a tűzzel érintett terület kiterjedése nem arányosak egymással. Sokkal inkább érdekesebb az adott tűzeseteket elvonatkoztatva, önmagukban vizsgálni.



24. ábra. Kiérkezéskori tűzterület nagyságok aktív és passzív észlelés esetén

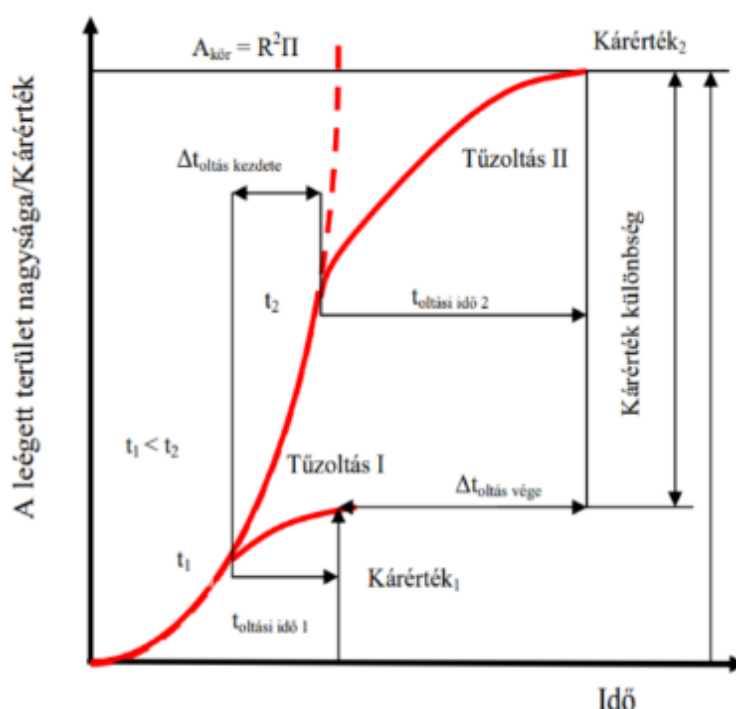
A kutatómunkám második célkitűzéseként szerettem volna kimutatni, hogy a távérzékeléssel korábbi lehet a tűz észlelése, mint a hagyományos bejelentések alapján. Mivel a fejezetben bemutatott tüzeset, valamint a függelékben részletesen elemzett tüzesetek jelzési időpontjainak összevetése minden esetben azt mutatja, hogy a távérzékelés gyorsabb lett volna, mint a hagyományos jelzés, így a második célkitűzésemet teljesítettem. A célkitűzés teljesítésével a második hipotézisemet is igazoltam, hiszen az összehasonlító elemzések minden esetben azt mutatják, hogy az állampolgári bejelentések, vagyis a jelenlegi, hagyományos megoldás későbbi riasztást tett lehetővé, mint amit a távérzékelés lehetősége biztosított volna.

4.5 A Kárérték – Idő függvény vizsgálata

A tüzesetek lefolyását az égés hőmérsékletéből származtatott Kárérték – Idő függvénnyel vizsgálhatjuk. A vízszintes tengelyről az eltelt időt, míg a függőleges tengelyről a kárértéket olvashatjuk le. Esetünkben a kárértéken a leégett terület nagyságát értjük. Amennyiben a tűzterjedés szabad, akkor a függvény görbéje kezdetben egy meredek emelkedést mutat, majd az éghető anyag elfogyásával a görbe emelkedése csökken, laposodik, míg nem a tűz önmagától elalszik, a görbe megszakad. Abban az esetben, ha tűz már nem szabadon fejlődik, azaz tűzoltói beavatkozás történik, a görbe természetes emelkedése előbb megtörik, majd megszakad. A szabad tűzterjedés utáni természetes végpont és a tűzoltói beavatkozás következménye képpen

létrejött végpont közötti, függőleges tengelyen mért különbség adja meg a megmentett érték, terület nagyságát. A minél korábban elkezdett beavatkozás növeli a megmentett érték nagyságát, csökkenti a keletkezett kárértéket. A függvény görbéje exponenciálisan növekszik és a végtelenbe tart.⁴⁸

A 25. ábrán szereplő Kárérték – Idő függvény görbéje egyértelműen láthatóvá teszi számunkra, hogy az elsődleges beavatkozás jelentős mértékben hozzájárul a kárérték csökkenéséhez. A függvényben a szaggatott piros vonal mutatja azt az esetet, mikor a tűz szabadon terjed, beavatkozás nélkül. A „Tűzoltás I.” a videokamera általi aktív észlelésre irányul. Itt megfigyelhetjük, hogy a kárérték jóval elmarad a „Tűzoltás II.” jelű rész kárértékétől.



25. ábra. Kárérték-Idő függvény különböző riasztási időpontokra vonatkoztatva. Kárérték az oltás megkezdésének függvényében Forrás: Restás Ágoston

Amennyiben az általam vizsgált pécsi szabadtéri tüzeset paramétereit helyettesítjük be a függvénybe, az következő képpen fog alakulni⁴⁹:

⁴⁸ Restás Ágoston: Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése, PhD értekezés, NKE, 2008

⁴⁹ A kárértékeknel a dolgozat témájához kapcsolódó kárértékesítési terület nagyságát vettem alapul.

Tűzoltás I.:

$$t_1 = 11 \text{ perc}$$

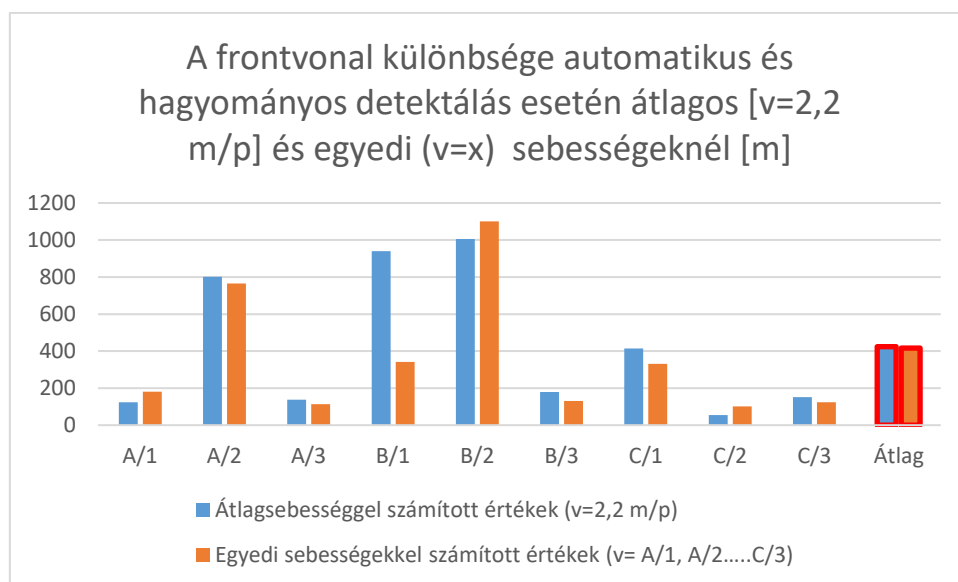
$$Kárérték_1 = 0,18 \text{ ha}$$

Tűzoltás II.:

$$t_2 = 31 \text{ perc}$$

$$Kárérték_2 = 1,5 \text{ ha}$$

A fentieket más módon is megközelíthetjük. A szabadtéri tüzeseteknél az oltás mindig a frontvonal mentén végezzük függetlenül attól, hogy mekkora terület égett le. Emiatt az oltást az oltandó terület határoló görbéje, a frontvonal fogja meghatározni. Végeztem egy számítást, amely alapján az oltás hatékonyságát szeretném bemutatni a két különböző detektálás esetén. Ehhez megnéztem, hogy a táblázatban szereplő tüzeknél milyen a frontvonal hosszának különbsége akkor, ha a távérzékelés alapján történt volna a riasztás, és akkor is, amikor az a valóságban megtörtént, vagyis hagyományos módon. Mivel a különböző tüzeknél már korábban is láthatóan a tűz terjedési sebességei különbözők voltak, ezért megnéztem az átlagsebességgel számított értékeket és az egyes tüzesetekre külön számított sebességekkel is. Ezt a 26. ábrán található grafikonon szemléltetem.



26. ábra. A frontvonal különbsége automatikus és hagyományos detektálás esetén átlagos és egyedi sebességek esetén

Az ábrán jól látható, hogy a különböző tüzeknél az átlagsebességgel (2,2 m/perc) számított terület különbség csupán egyetlen esetben tér el jelentősen az egyedi sebességgel számított területkülönbségnél (B/1). Ebből azt a következtetést vonom le, hogy ilyen jellegű tüzeknél a 2,2 m/perces tűzterjedési sebesség viszonylag jó közelítést ad mind a leéget terület nagyságára, mind az oltandó frontvonal hosszúságára vonatkozóan.

4.6 A megmentett terület értékének vizsgálata

A fentiek alapján az automatikus távérzékelés időnyereségével tehát nem csak oltóvizet takarítunk meg, a beavatkozó állomány munkáját csökkentjük, illetve az általuk kezelt technika működtetésének költségeit spóroljuk meg, hanem területeket óvunk meg a tűz pusztításától is. A megmentett terület természeti értéke, az ott élő állatok élete pénzben nem kifejezhető, viszont a terület értékét meg tudjuk határozni.

2020/2021. évi átlagárakkal számolva egy hektár erdő értéke 889.000 Ft⁵⁰, egy hektár búzatábla értéke 448.000 Ft volt.⁵¹ A függelékben található kilenc kárestnél a területkülönbség az aktív és passzív észlelés utáni kiérkezés kori átlaga 29.265 m². Ez kerekítve eléri a 3 hektárt, ami az erdőnél 2.667.000 Ft, a búzatáblánál 1.344.000 Ft kárértéket jelent.

A példaként szolgáló tüzesetek egy kivételtől eltekintve füves területen keletkeztek, amelyet azonban nem szoktunk kárértékként figyelembe venni. Szerintem ez téves felfogás, hiszen a füves terület akár legeltetésre is alkalmas lehetne, így gazdasági hasznót lehetne tőle remélni. Egy új megközelítést alkalmazva úgy számoltam, hogy a szárazfüves területnek is van értéke, mégpedig annyi, amennyi hasznót legeltetéssel el lehetne érni rajta. A számolásom inkább módszertani újítás lenne, viszont alkalmasnak találom arra, hogy közelítő értéket adjunk meg a leéget területre akkor is, ha az éppen egy gazdaságilag nem hasznosított terület. A legáltalánosabban szarvasmarhát legeltetnek, ami naponta kb. 1 kg-ot hízik a legeltetés során, vagy napi kb. 20 liter tejet ad⁵². Mindkét esetben úgy számolok, hogy naponta 2 ezer Ft-ot lehetne gazdaságilag realizálni. Egy szarvasmarhának naponta kb. 0,5 ha területre van szüksége a legeléshez, így 1 ha terület naponta 4 ezer Ft-hasznót tud termelni.⁵³ További feltételként veszem alapul, hogy a legeltetés évente átlagosan 120 napon keresztül tart, illetve, hogy a

⁵⁰ www.erdo-mezo.hu/2020/02/28/majdnem-900-ezer-forint-vol-az

⁵¹ www.ksh.hu/docs/hun/stattu

⁵² <https://garden-hu.desigusxpro.com/krs/skolko-korova-daet-moloka-v-sutki-v-srednem.html>

⁵³ <https://hu.hydroponicsbc.com/1465-grazing-cows.html>

leégett terület legalább 1 évig kiesik a legeltetésből. Az alkalmazott módszertan hatékonyságát 50%-ra teszem. Ezek alapján 1 ha terület értéke a következőképp számolható:

$$\text{É} = 120 \text{ nap} \times 4.000 \frac{\text{Ft}}{\text{nap}} \times 0,5 = 240.000 \text{ Ft}$$

A számítás alapján látható, hogy a szárazfüves területeknek is lehet értéket számítani, illetve azt is, hogy bár ez tűnik a legkevesebbnek az előzőekhez képest, mégis jelentős összegről van szó.

Hazánkban a 10. számú függelék adatai alapján 2011-től 2020-ig évente átlagosan 6.582 db szabadtéri tüzeset történt, melynek során évente több tízezer hektár kárérték keletkezett. Ha a tüzeseteknél a számításaimban szereplő átlagos 4 ha leégett területet veszem és valamennyit a legalacsonyabb gazdasági hasznot hozó legelő értékevek számolom, akkor is évente a szabadtéri tüzesetek kárértéke átlagosan közel 6,4 milliárd Ft-ot tesz ki. A terület kárértékéhez az oltási költségeket hozzáadva további jelentős értékkel nő a kárérték.

4.7 A videokamera rendszer költségei

Az automatizált észlelőrendszer telepítési költségeit megannyi tényező befolyásolja. Ide tartozik a beszerezni kívánt videokamera ára, szerelési költsége, vezetékek nélküli kapcsolat létrehozásának díja, kapcsolódó szerverparkok létrehozása. A költségeket csökkenteni lehet a kamerák telepítési helyével. Az előzőekben említett bázisállomásokra való telepítési megoldással nemcsak a kiváló beláthatóságot érhetjük el, hanem ezzel egyidőben redukálhatjuk a telepítés díjait is. A Magyarországon elhelyezkedő 270 db bázisállomás mindegyikére elegendő 1 db 360 fokban látó vagy körbe forgatható kamerát szerelni. Természetesen létezhetnek olyan vakfoltok, melyek a kamerák látóterén kívül esnek, de az előző évek statisztikája megmutatja, hogy hol nagy a valószínűsége a szabadtéren keletkezett tüzeseteknek. Ezekre a területekre természetesen célszerű a további videokamerák telepítése. Ezekre a területekre még feltételezésem szerint 50 db videokamera szükséges. A mentő tűzvédelemben úgymond „a cél szentesíti az eszközt” elgondolás alapján a rentabilitást megelőzi az életmentés eredményessége. A szabadtéri tüzeknél viszont fontos, hogy a megelőzésre, észlelésre, felszámolásra szánt összeg egyensúlyban legyen a megvédett terület értékével. A rendelkezésemre álló adatok alapján egy hozzávetőleges kalkulációt végeztem, annak érdekében, hogy nagyságrendekben egy képet kapjunk egy teljesen új, automatizált rendszer kiépítésének a költségéről.

A videokamerával szembeni elvárás, hogy körbe forgatható legyen, vezeték nélkül továbbítsa az adatokat, HD felbontású legyen. Az általam alkalmasnak talált, jó ár-érték arányú kamera teljesíti a vele szemben támasztott követelményeket. A Night Owl videokamera listaára 21.295 Ft a jelen dolgozat készítése idején (2021.09.11.). Abban az esetben, ha egy ilyen mennyiségű rendelésről van szó, a forgalmazó minimum 10% kedvezményt tud adni. Így egy videokamera ára 19.166 Ft-ra csökken. A szerelés díjára internetes kutatás eredményeit átlagolva, az informatikai rendszer kiépítésének díjára szakemberrel egyeztetve következtettem.



27. ábra. Night Owl videokamera. Forrás: <https://nightsowlsecurity.com/products/nos-1080-p-security-surveillance-ip>

Night Owl videokamera paraméterei:

- 2 Megapixeles HD lencse
- Infravörös lámpa
- vízálló szabvány: IP 66
- videofelvétel felbontása: 1080p
- mozgás érzékelés
- videofelvétel rögzítés adatkártyára vagy felhőbe
- élőkép közvetítése
- IP összeköttetés
- tengely körüli forgathatóság, vízszintes irányú forgathatóság
- nagyítás, kicsinyítés távvezérléssel

4. táblázat: Az automatikus szabadtéri tűz észlelő rendszer becsült költségei

Tétel	Ár (Forintban)
Videokamera (320 db)	320x19.166= 6.133.120 Ft
Szerelés (320 db) ⁵⁴	320x50.000= 16.000.000 Ft
Informatikai rendszer kiépítés (hardver, szoftver) ⁵⁵	100.000.000 Ft
Összesen:	122.133.120 Ft

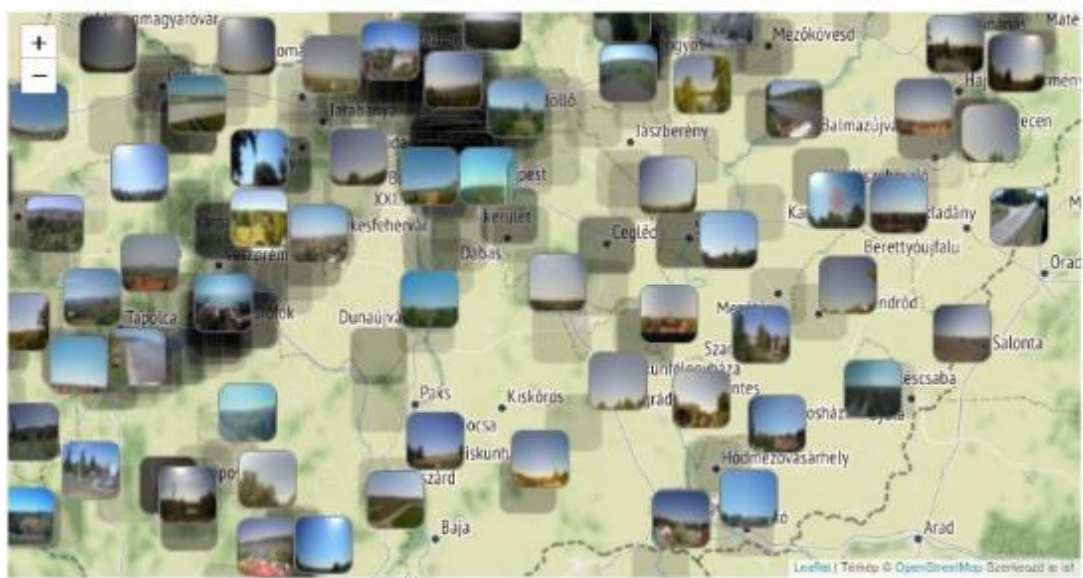
Az általam végzett számolás tájékoztató jellegű, előfordulhat, hogy egyes esetekben magasabb lehet a szerelési költség, vagy a hely adottságainak másfajta kamera felel meg. Úgy gondolom, hogy a rendszer telepítésének költsége az általam kiszámolt összeg tízszerese esetén is rentábilis lenne már az első években. Újabb lehetőségként említem meg, hogy a kamerák számát véleményem szerint akár ingyen is növelni lehetne. Ahogyan azt a pécsi káresetnél láthattuk, egy civil kézben lévő kamera is észlelni tudta a szabadtéri tüzesetet. Önkéntes alapon a kamera tulajdonosával megállapodást lehetne kötni arról, hogy az általa üzemeltetett videokamera felvételeit a Katasztrófavédelemmel megosztja. Az automatikus szabadtéri tűz észlelő rendszer számára készített mesterséges intelligenciával rendelkező szoftver ezeket a felvételeket is figyelhetné plusz költség nélkül. Ehhez csupán egy kampányt kellene indítani, melyben fel kell hívni a figyelmet a szabadtéri tüzesetek veszélyire és tájékoztatni az embereket, hogy korai észlelésükért ők is tehetnek. Ezzel magánemberként is segíthetik lakóhelyük biztonságát. A fentiek talán utópisztikusnak is hangozhatnak, a világ jelenlegi változásai akár elő is segíthetik a fenti elképzelésem megvalósulását.

Kutatómunkám harmadik célkitűzése az volt, hogy bizonyítsam a távérzékelés alkalmazásával a beavatkozás hatékonyabbá tehető. A fentiekben található számításomnál igazolt terjedési sebességeket figyelembe véve megállapítottam, hogy a korai észlelésnél jóval rövidebb az oltandó frontvonal hosszúsága. Ez egy alacsonyabb erő-eszköz igényt predesztinál a felszámoláshoz, illetve a beavatkozó állomány igénybevételét is nagyban csökkenti, a

⁵⁴ Interneten talált telepítési díjak átlaga.

⁵⁵ Informatikus szakemberrel való konzultáció alapján hozzávetőlegesen.

felhasznált oltóanyag szükséglettel együtt. A kárérték-idő függvény görbéje egyértelműen mutatja, hogy az elsődleges beavatkozás jelentős mértékben hozzájárul a kárérték csökkenéséhez. A megmentett terület felhasználási minősége szerint számításokat végeztem, a lehetséges kárérték mértékéről, illetve becslést végeztem az észlelőrendszer telepítési költségeiről. Kalkulációimat alapul véve meggyőződésem a rendszer működésének rentabilitása. A fentiekkel úgy érzem, hogy harmadikcélkitűzésemet is teljesítettem, hipotézisemet igazoltam.



28. ábra Magyarország területén működő civil kamerák. Forrás: www.idokep.hu

5. ÖSSZEGZÉS

Dolgozatomban a szabad területen keletkezett tüzesetek kamerával való detektálásának fejlesztési lehetőségeit igyekeztem feldolgozni. Kutatásom célja az volt, hogy a szabadtéri tüzek detektálási körülményeit megvizsgálva, gyakorlati példákkal alátámasztva egy automatikus észlelő rendszer létjogosultságát bizonyítsam. Kutatásom eredményeit az alábbi pontokban foglaltam össze.

Különösebb kutatások nélkül kijelenthetjük, hogy az éghajlat globális változásának korát éljük, hiszen ennek a ténynek hatásait a saját bőrünkön tapasztaljuk. A hazai és nemzetközi szakirodalmat tanulmányozva a klímaváltozást rendkívül sok oldalról vizsgálják, melyet mérési eredmények sokasága támaszt alá. Ezek közül az egyik meghatározó, hazánkat is érintő, a csapadék szélsőséges eloszlása, melynek egyik következménye a szabadtéri tüzesetek által érintett területek növekedésének kockázata. Ennél a pontnál megkerülhetetlen volt a szabadtéri tüzek keletkezési körülményeinek vizsgálata.

A 3. fejezetben a hazai és nemzetközi szakirodalmak tanulmányozásával sorra vettem a már létező nemzetközi, illetve a hazánkban is működött két rendszer tapasztalatait. Ezeket rendszereket vizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy a mai kor kihívásinak csak a mai kor technikájával lehet megfelelni. Felvázoltam a hagyományos videokamerás megfigyelő rendszer ötvözését korunk innovációjával, a mesterséges intelligenciával. Kutatásom ezen szakaszában az első célkitűzésemet teljesítettem, hipotézisemet igazoltam, miszerint a távérzékelés már a jelenlegi rendszerek alkalmazásával is lehetővé teszi a tüzek észlelését.

A hazai jogszabályi környezetet vizsgálva megállapítottam, hogy a tüzesetek jelzése ugyan állampolgári kötelesség, de nem ez a leghatékonyabb módja az észlelésnek. Mérlegre téve vizsgáltam a passzív és az aktív tűzdetektálás hatékonyságát. A kutatómunkám második célkitűzéseként szerettem volna kimutatni, hogy a távérzékeléssel korábbi lehet a tűz észlelése, mint a hagyományos bejelentések alapján. Mivel a releváns fejezetben bemutatott tüzeset, valamint a függelékben részletesen elemzett tüzesetek jelzési időpontjainak összevetése minden esetben azt mutatja, hogy a távérzékelés gyorsabb lett volna, mint a hagyományos jelzés, így a második célkitűzésemet teljesítettem. A célkitűzés teljesítésével a második hipotézisemet is igazoltam, hiszen az összehasonlító elemzések minden esetben azt mutatják, hogy az állampolgári bejelentések, vagyis a jelenlegi, hagyományos megoldás későbbi riasztást tett lehetővé, mint amit a távérzékelés lehetősége biztosított volna.

Nem elégedtem meg csupán az időnyereség bizonyításával. Célul tűztem ki a tűz további paramétereinek vizsgálatával prezentálni, hogy a korai észleléssel a tűzoltói beavatkozás hatékonyabbá tehető. Matematikai számításokkal szemléltettem a tűz területének, kerületének és sugarának a különbségét passzív és aktív detektálási módok közt. Számításomnál igazolt terjedési sebességeket figyelembe véve megállapítottam, hogy a korai észlelésnél jóval rövidebb az oltandó frontvonal hosszúsága. Ez egy alacsonyabb erő-eszköz igényt predesztinál a felszámoláshoz, illetve a beavatkozó állomány igénybevételét is nagyban csökkenti, a felhasznált oltóanyag szükséglettel együtt. A kárérték-idő függvény görbéje egyértelműen mutatja, hogy az elsődleges beavatkozás jelentős mértékben hozzájárul a kárérték csökkenéséhez. Kalkulációt végeztem a leégett terület értékéről és az általam vízionált tűz detektáló rendszer költségeiről. Számításaimat alapul véve meggyőződésemm a rendszer működésének rentabilitása. A fentiekkel úgy érzem, hogy harmadik célkitűzésemet is teljesítettem, hipotézisemet igazoltam.

FELHASZNÁLT IRODALOM

109/2000 BM OKF főigazgatói intézkedése a beavatkozáshoz szükséges erő-eszköz és oltóanyag számítás módjáról

1996. évi XXXI. törvényt a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról.

2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

2012. évi I. törvény a munka törvénykönyvéről

234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról

54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

6/2016 BM OKF utasítás Tűzoltás-taktikai szabályzat és Műszaki mentési szabályzat

61/2017. (XII. 21.) FM rendelet az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény végrehajtásáról

Bányai Péter - Horváth Béla - Mészáros Károly – Nagy Lajos – Paksy Péter – Szedlák Tamás:
Az erdőtűzek elleni védekezés kérdései. Védelem katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, XI.
2. (2004), 11 – 14. o. ISSN: 1218-2958 <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v200402.pdf?9>

Bodnár László: *Az erdőtűzek oltásának hatékonyságát növelő módszerek kutatása és fejlesztése*,
PhD értekezés, NKE 2021

Darko Kolarić, Karolj Skala, Amir Dubravić: *Integrated System For Forest Fire Early Detection and Management*, Zagreb, 2008, <https://hrcak.srce.hr/32611>

Darko Stipaničev - *Intelligent Forest Fire Monitoring System – from idea to realization* 2011,
<https://www.bib.irb.hr/612374>

Farkas László – Laczkó Zoltán - *Tanulmány a Bács-Kiskun megyében 2007. július hónapban bekövetkezett erdőtűzekről* c. tanulmány

Gubán Miklós: *Mesterséges intelligencia*, Gábor Dénes Főiskola, egyetemi jegyzet, 2014
Budapest.

Halász László – Padányi József: *A klímaváltozás hatásai*, NKE jegyzet, 2012, https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/padanyi_klimavaltoz_tanulm.pdf

Isabelle-Gabriele Hendel, Gregory M. Ross - *Efficacité de la télédétection précoce des feux de forêt: une comparaison de capteurs thermiques*, Canadian Journal of Remote Sensing, 2019,
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07038992.2020.1776597?tab=permissions&scroll=top>

- Karsa Róbert: *Mit hoz a jövő? Szabadtéri tüzek bekövetkezésének modellezése*, Balogh Imre emlék pályázat, Pécs, 2020
- Karsa Róbert: *Szabadtéri tüzek felderítése űrgeodéziai eszközökkel* Védelem katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, V. 2. 2020
- Panagiotis Barmpoutis, Tania Stathaki, Kosmas Dimitropoulos, Nikos Grammalidis - *Early Fire Detection Based on Aerial 360-Degree Sensors, Deep Convolution Neural Networks and Exploitation of Fire Dynamic Textures*, Remote Sensing 2020, https://www.researchgate.net/figure/Projections-of-360-degree-images-a-equirectangular-b-stereographic-projection_fig1_344457693
- Rácz Sándor - *Firefighting problems in case of large outdoor fires*. Műszaki Katonai Közlöny, XXVIII. 4. (2018), https://dev2.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nkehu/PDF_2018_4sz.pdf#page=26
- Restás Ágoston – *A „Térfigyelő” projekt zárójelentése*, Szendrő, 2006
- Restás Ágoston - *A drónok alkalmazása a katasztrófavédelemben* Bp. 2016, <https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/dr-restas-agoston-eloadas.original.pdf>
- Restás Ágoston - *FireWatch. A Wünsdorf-i Riasztó és Ellenőrző Központ működése*, CD, Budapest, 2010
- Restás Ágoston - *A légi tűzoltás hatékonyságának közgazdasági megközelítése* Repüléstudományi Közlemények, XXIV. 2 (2012) <http://docplayer.hu/381394-Dr-restas-agoston-az-erdotuzoltas-hatekonysaganak-kozgazdasagi-megkozelitese.html>
- Restás Ágoston - *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése*, PhD értekezés, ZMNE Budapest 2008 <http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/handle/11410/10003>
- Restás Ágoston - *Égés – és tűzoltáselmélet*. Egyetemi jegyzet, Nemzeti Közszerződési Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet, Budapest, 2014. ISBN 978-615-5305-82-5 201 <http://m.ludita.uninke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10409/Teljes%20sz%C3%B6veg%21?sequence=1&isAllowed=y>
- Restás Ágoston - *Integrált környezetvédelmi tájfigyelő és riasztási rendszer fejlesztése vegetációtüzek korai észlelésére* Projekt, szakmai beszámoló, Szendrő, 2006

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra. A szabad területen keletkezett tüzesetek mennyisége	4
2. ábra. A természetes élőhelyek tűz általi pusztulása a kutatást motiváló tüzeset helyszínen. .	5
3. ábra. Erdősültség megoszlása Magyarországon.	12
4. ábra. Magyarország megyéinek erdőtűz veszélyességi besorolása.	13
5. ábra. A fontosabb gabonafélék betakarított területe.	14
6. ábra. Tarlótűz.	15
7. ábra. Erdő és vegetációtüzek mennyisége hazánkban 2011-2020.	17
8. ábra. Vöröshere, mint fontos tűzzáró növény.	18
9. ábra. Bázisállomások elhelyezkedése Magyarországon.	22
10. ábra. A „Térfigyelő” projekt működése alatt a Szendrői Tűzoltóparancsnokság ügyeletén figyelemmel kísérhető a videokamera élő képe.	23
11. ábra Direkt és indirekt észlelés.	24
12. ábra. A brandenburgi központ diszpécser állomása.	26
13. ábra. A szabadtéri tüzek észlelésére létrehozott központ Horvátországban, Hvar szigeten.	27
14. ábra. A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás rétegei.	29
15. ábra. A brandenburgi detektáló rendszer kameráinak elhelyezkedése.	30
16. ábra: A pannonhalmi és a ravazdi kamerák.	31
17. ábra. Pécs, Mecsekoldalon lévő kamera szabadtéri tüzesetet észlel.	32
18. ábra. A káreset riasztási lapja.	33
19. ábra A tűz területeinek szemléltetése a két észlelési mód alapján	37
20. ábra Az aktív tűzdetektálás idő- és területnyeresége a pécsi tűznél.	37
21. ábra. A késői észlelésnek köszönhetően a tűz gyorsan terjed.	38
22. ábra. Videokamerák által érzékelt szabadtéri tüzesetek fotói.	40
23. ábra. Az automatikus észlelés által nyert idő.	42
24. ábra. Kierkezkéskori tűzterület nagyságok aktív és passzív észlelés esetén.	43
25. ábra. Kárérték-Idő függvény különböző riasztási időpontokra vonatkoztatva.	44
26. ábra. A frontvonal különbsége	45
27. ábra. Night Owl videokamera.	48
28. ábra Magyarország területén működő civil kamerák.	50

TÁBLÁZATOK

1. táblázat: A pécsi káreset adatai	34
2. táblázat: Összesített adatok	36
3. táblázat. Releváns káresetek.....	40
4. táblázat: Az automatikus szabadtéri tűz észlelő rendszer becsült költségei.....	49

FÜGGELÉKEK

1.számú függelék

A/1	
Cserdi, 2021.09.11.	
Adatok forrása: 535285 TMMJ, 2021BARANYA02657 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	18:55
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	18:45
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	19:19
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (tsz _p)	24 perc
Vonulási idő	14 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (tsz _a)	15 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	9 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség passzív észlelés alapján	3,3 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A _p)	20.000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R _p)	79,78 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K _p)	501,3 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A _a)	10747 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R _a)	33 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K _a)	207 m
A tűz kerületének különbsége	294,3 m
A tűz területének különbsége	9253m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 20000m^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{20000m}{\pi}$$

$$R_p = 79,78m$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 79,78m \times \pi$$

$$K_p = 501,3 m$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{m}{min} \times 15min$$

$$R_a = 33m$$

$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (33m)^2 \times \pi$$

$$A_a = 3421,2m^2$$

$$K_a = 2 \times 33m \times \pi$$

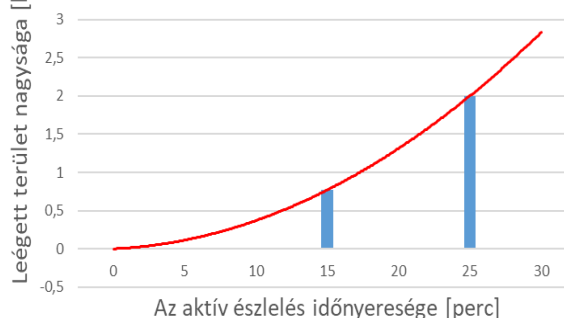
$$K_a = 207m$$

A tűz területének aránya aktív és passzív észlelés esetén az A/1 esetben

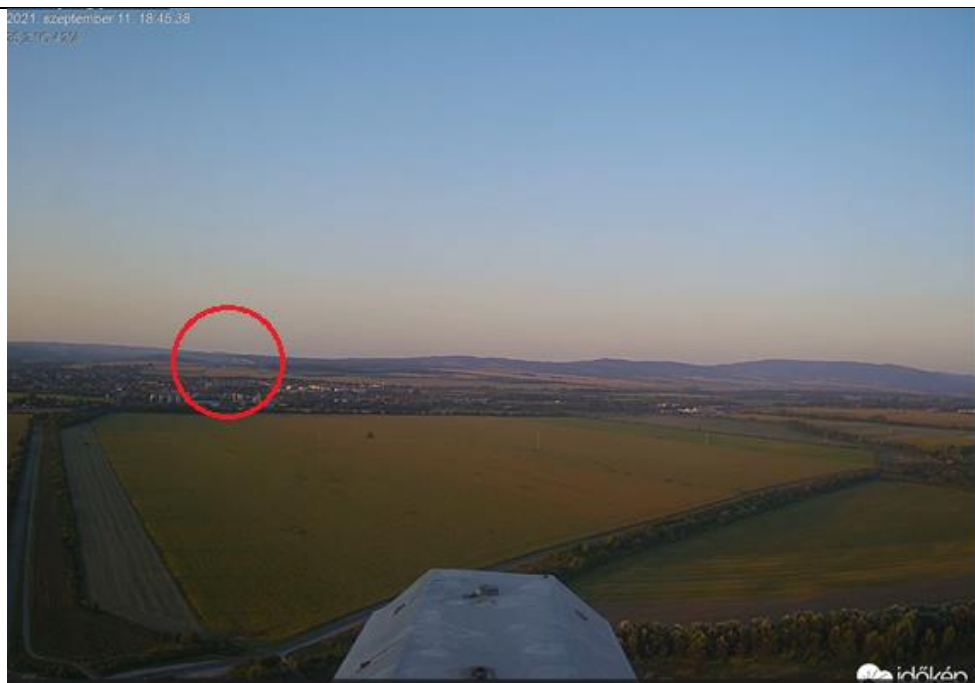


- A tűz területe kiérkezéskor, aktív észlelés esetén
- A tűz területe kiérkezéskor, passzív észlelés esetén

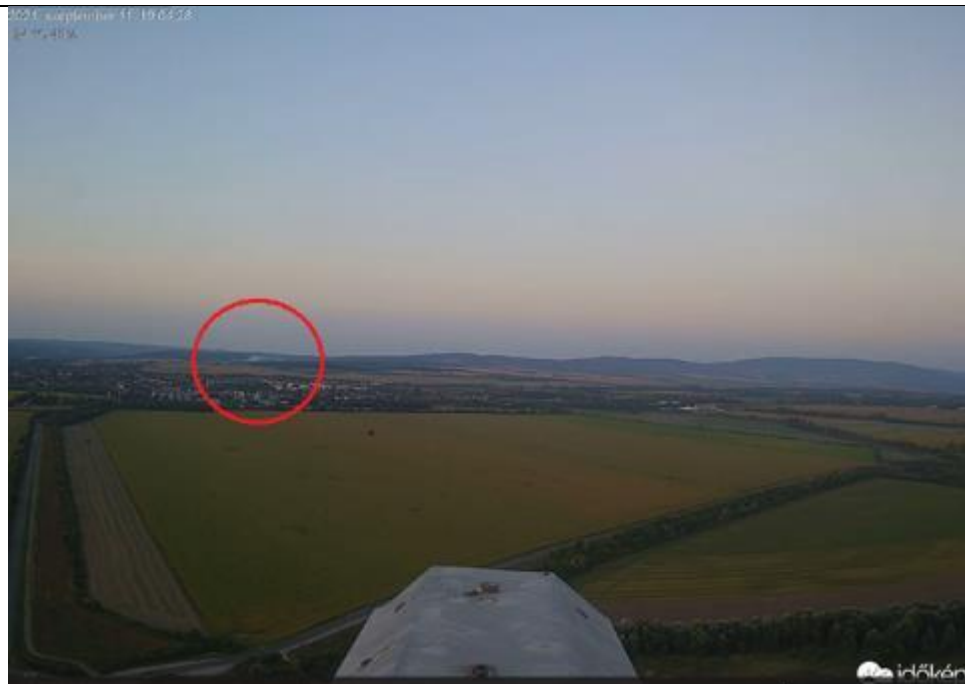
Az aktív tűzdetektálás idő- és területnyerése az A/1 esetben



THM3 azonosító	Erdőtüzes adatlap	Riasztási azonosító	Település	Cím	EOVX	EOVY	Megye Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Megye Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Keletkezési ok	Tűz típusa	Jelzés dátuma	Kezdés dátuma	Eloltás- felszámolás dátuma	Tűz alasterület (nm)
535285	megtekint	2021BARANYA02657	Cserdi	Külterület 82281 569435 Baranya Szigetvár			Szigetvár HT	Baranya Szigetvár			Ismeretlen	Felzárkó tűz	2021. 09. 11. 18:55:00	2021. 09. 11. 19:19:00	2021. 09. 11. 19:32:00	20000



Ez a kép a videofelvétel azon pillanatából lett kivágva, amikor már állóképként is tisztán kivehető a füstölés. A valós felvételen már percekkel korábban felfedezhető. Ez a pillanat 18:45-kor volt.



További intenzív füstülés 19:04 kor.

2.számú függelék

A/2 Eger, 2020.02.19. 392304 TMMJ, 2020HEVES00379 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	16:33
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	15:34
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	16:51
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (t_{szp})	77 perc
Vonulási idő	18 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (t_{sza})	19 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	58 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A_p)	80.000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R_p)	159,6 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K_p)	1002,65 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A_a)	5489,1m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R_a)	41,8 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K_a)	262,6 m
A tűz kerületének különbsége	740 m
A tűz területének különbsége	74510m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 80000m^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{80000m}{\pi}$$

$$R_p = 159,6m$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 159,6m \times \pi$$

$$K_p = 1002,65 m$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{m}{min} \times 19min$$

$$R_a = 41,8m$$

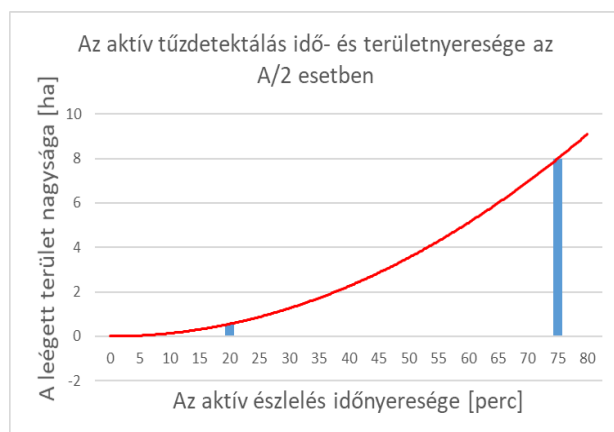
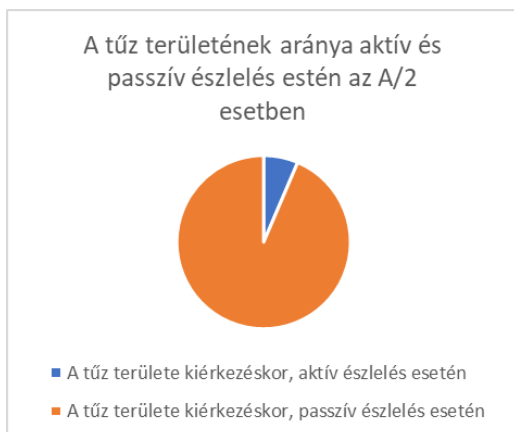
$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (41,8m)^2 \times \pi$$

$$A_a = 5489,1m^2$$

$$K_a = 2 \times 41,8m \times \pi$$

$$K_a = 262,6m$$



TMMJ azonosító	Erődtűzes adatalap	Riasztási azonosító	Település	Cím	EQVX	EQVY	Mezve (mk.)	Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Mezve (ll.)	Kirendeltség (ll.)	Szervezet (ll.)	Keletkezési ok	Tűz típusa	Jelzés dátuma	Készítés dátuma	Előtti felszám dátuma
392304	megtekint	138/1030/Agrár Spec/2020HEVES00379	Eger	Tóvaskút völgy -1	285630	746251	Heves	Eger	Eger HT	Heves	Eger		Ismeretlen	Felzárkó tűz	2020. 02. 19. 16:33:00	2020. 02. 19. 16:51:00	2020. 02. 19. 18:2



Ez a kép a videofelvétel azon pillanatából lett kivágva, amikor már állóképként is tisztán kivehető a füstölés. A valós felvételen már percekkel korábban felfedezhető. Ez a pillanat 15:34-kor volt.



A füstölés jól kivehető, két gócpont alakult ki.

3.számú függelék

A/3 Eger, 2020.05.03. 410143 TMMJ, 2020HEVES01144 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	14:20
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	14:09
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	14:47
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (t_{szp})	38 perc
Vonulási idő	27 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (t_{sza})	28 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	10 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
Feltételezett tűz terjedési sebesség passzív észlelés alapján	1,8 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A_p)	15.000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R_p)	68,1 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K_p)	434,2 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A_a)	11921 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R_a)	61,6 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K_a)	387 m
A tűz kerületének különbsége	47,2 m
A tűz területének különbsége	3079 m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 15000 m^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{15000 m}{\pi}$$

$$R_p = 68,1 m$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 68,1 m \times \pi$$

$$K_p = 434,2 m$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{m}{min} \times 28 min$$

$$R_a = 61,6 m$$

$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (61,6 m)^2 \times \pi$$

$$A_a = 11921 m^2$$

$$K_a = 2 \times 61,6 m \times \pi$$

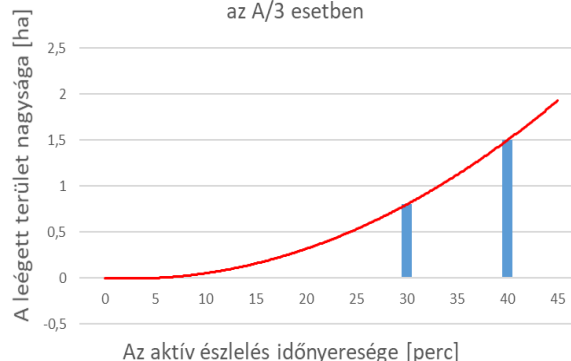
$$K_a = 387$$

A tűz területének aránya aktív és passzív észlelés esetén az A/3 esetben

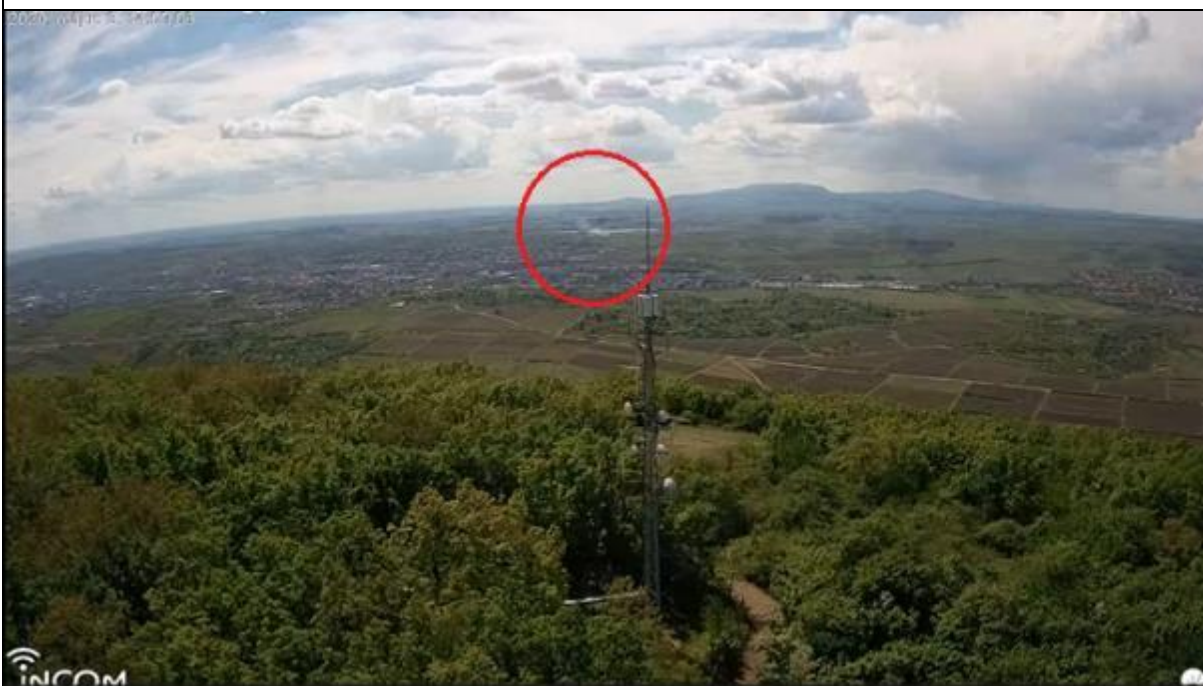


- A tűz területe kiérkezéskor, aktív észlelés esetén
- A tűz területe kiérkezéskor, passzív észlelés esetén

Az aktív tűzdetektálás idő- és területnyeresége az A/3 esetben



TMMJ azonosító	Erdőtűzes adatlap	Riasztási azonosító	Település	Cím	EOVX	EOVY	Megye (mk.)	Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Megye (ill.)	Kirendeltség (ill.)	Szervezet (ill.)	Keletkezési ok	Tűz típusa	Jelzés dátuma	Kezdés dátuma	fe
410143	megtekint	495/1030 /2020HEVES01144	Eger	Rózsás dűlő	285168	745763	Heves	Eger	Eger HT	Heves	Eger		Hanyagás vagy véletlen	Felzárni tűz	2020. 05. 03. 14:20:00	2020. 05. 03. 14:47:00	20



14:09-kor már nagy füst képződött, ez 11perccel a valós bejelentés előtt történt



14:22 kor még intenzívebb a füstképződés.

4.számú függelék

B/1 Eger, 2020.09.14. 446185 TMMJ, 2020HEVES02623 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	15:13
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	14:05
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	15:47
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (t_{szp})	103 perc
Vonulási idő	34 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (t_{sza})	35 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	68 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
Feltételezett tűz terjedési sebesség passzív észlelés alapján	0,7 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A_p)	20.000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R_p)	79,8 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K_p)	501 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A_a)	18626 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R_a)	41,8 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K_a)	483 m
A tűz kerületének különbsége	18 m
A tűz területének különbsége	1374 m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 20000 \text{ m}^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{\pi \cdot 20000 \text{ m}}{\pi}$$

$$R_p = 79,8 \text{ m}$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 79,8 \times \pi$$

$$K_p = 501 \text{ m}$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times 36$$

$$R_a = 77 \text{ m}$$

$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (77 \text{ m})^2 \times \pi$$

$$A_a = 18626 \text{ m}^2$$

$$K_a = 2 \times 77 \text{ m} \times \pi$$

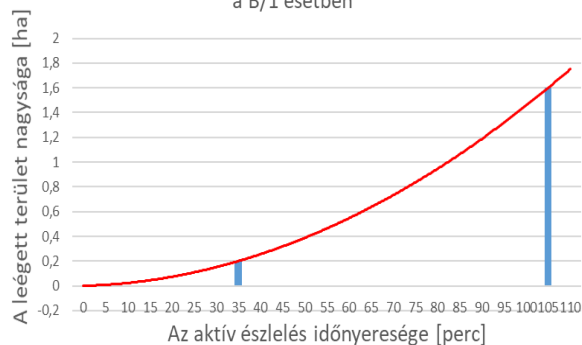
$$K_a = 483 \text{ m}$$

A tűz területének aránya aktív és passzív észlelés esetén a B/1 esetben



- A tűz területe kiérkezéskor, aktív észlelés esetén
- A tűz területe kiérkezéskor, passzív észlelés esetén

Az aktív tűzdetektálás idő- és területnyeresége a B/1 esetben



TMMJ azonosító	Erdőtűzes adatláp	Riasztási azonosító	Település	Cím	EOVX	EOVY	Mezve Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Mezve Kirendeltség (mk.)	Szervezet (il.)	Keletkezési ok	Tűz típusa	Jelzés dátuma	Kez dés
446185	megtekint	/1086/1030 /2020HEVES02623	Eger	Egerszalóki tóhoz közel	285120	745991	Heves	Eger	Eger HT	Heves	Eger	Ismeretlen	Felszín tűz	2020. 09. 14. 09. 15:13:00 15:4



14:05-kor egy kis kiterjedésű pontból közel függőleges irányú füstölés figyelhető meg.



15:30-kor egy széles sávban figyelhető meg az erős füstképződés.

5.számú függelék

B/2 Eger, 2021.02.27. 479979 TMMJ, 2021HEVES00391 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	13:56
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	12:44
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	14:13
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (t_{szp})	89 perc
Vonulási idő	17 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (t_{sza})	18 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	73 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
Feltételezett tűz terjedési sebesség passzív észlelés alapján	2,45 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A_p)	150.000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R_p)	218,5 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K_p)	1373 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A_a)	4926 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R_a)	39,6 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K_a)	248,8 m
A tűz kerületének különbsége	1124,2 m
A tűz területének különbsége	148.876 m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 150000 \text{ m}^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{150000 \text{ m}}{\pi}$$

$$R_p = 218,5 \text{ m}$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 218,5 \times \pi$$

$$K_p = 1373 \text{ m}$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times 18$$

$$R_a = 39,6 \text{ m}$$

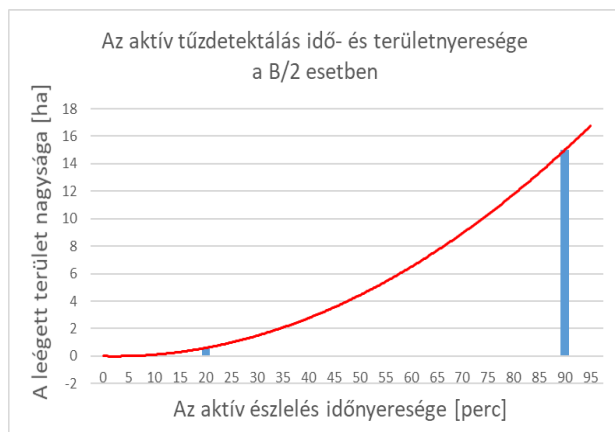
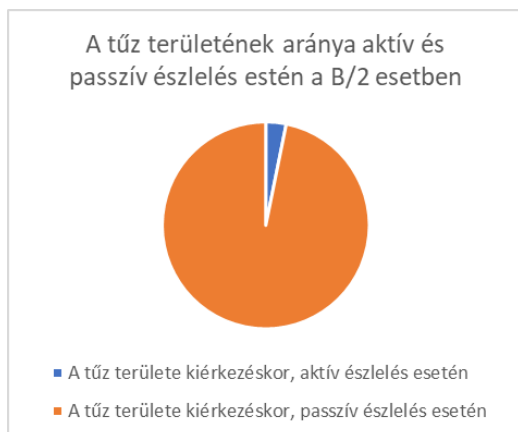
$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (77 \text{ m})^2 \times \pi$$

$$A_a = 4926 \text{ m}^2$$

$$K_a = 2 \times 39,6 \text{ m} \times \pi$$

$$K_a = 248,8 \text{ m}$$



TMM2 azonosító	Erdőtűzes adatlap	Riasztási azonosító	Telenülés	Cím	EOVX	EOVY	Megye Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Megye Kirendeltség (ill.)	Szervezet (ill.)	Kelethezési ok	Tűz típusa	Jelzés dátuma	Kez dátum	
479929	megtekint	183/1030 /2021HEVES00391	Eger	Külterület- Kocsivölgy	285705	746691	Heves	Eger	Eger HT	Heves	Eger	Hanyagás vagy véletlen	Felzárni tűz	2021. 02. 27. 13:56:00	2021. 02. 27. 14:10



12:44-kor a kezdeti tűz minimális füstölését láthatjuk. Ennél a káresetnél kimondottan nagy terület mentesült volna a tűzkár alól a korai észlelés segítségével.



13:55 kor már nagy területet érint a tüzeset. Bejelentés csak ekkor érkezett.

6.számú függelék

B/3 Eger, 2021.03.31. 487976 TMMJ, 2021HEVES00660 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	17:04
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	16:50
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	17:24
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (t_{szp})	34 perc
Vonulási idő	20 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (t_{sza})	21 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	13 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
Feltételezett tűz terjedési sebesség passzív észlelés alapján	1,65 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A_p)	10000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R_p)	56,42 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K_p)	354,4 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A_a)	6705 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R_a)	46,2 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K_a)	290,3 m
A tűz kerületének különbsége	64,1 m
A tűz területének különbsége	3295 m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 10000 \text{ m}^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{10000 \text{ m}^2}{\pi}$$

$$R_p = 56,42 \text{ m}$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 56,42 \times \pi$$

$$K_p = 354,4 \text{ m}$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times 21$$

$$R_a = 46,2 \text{ m}$$

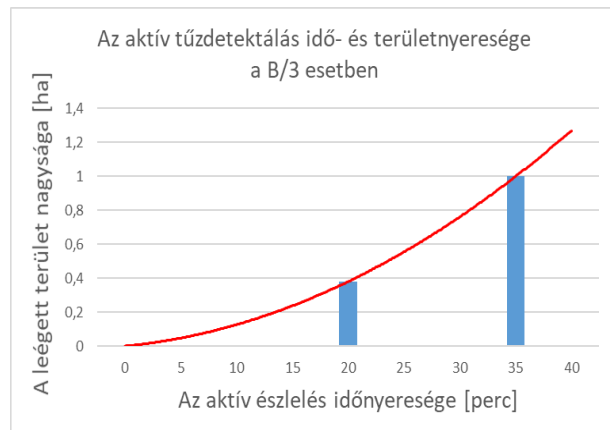
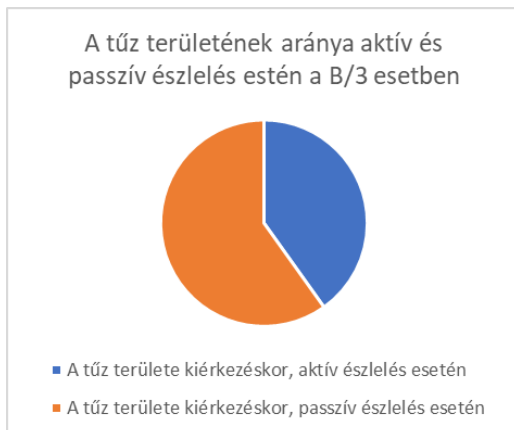
$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (46,2 \text{ m})^2 \times \pi$$

$$A_a = 6705,5 \text{ m}^2$$

$$K_a = 2 \times 46,2 \text{ m} \times \pi$$

$$K_a = 290,3 \text{ m}$$



TMMJ azonosító	Erdőtűzes adatlap	Riasztási azonosító	Település	Cím	EOVX	EOVY	Megye (mk.)	Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Megye (ill.)	Kirendeltség (ill.)	Szervezet (ill.)	Keletkezési ok	Tűz tipusa	Jelzés dátuma	Kezdés dátuma
487976	megtekint	302/1030 /2021HEVES00660	Eger	külterület 284069 746100 Heves	Eger		Heves	Eger	Eger HT	Heves	Eger		Ismeretlen	Felszíni tűz	2021. 03. 31. 17:04:00	2021. 03. 31. 17:24:00



16:50-kor a kimerevített képen csak nagyon kis mértékben látszik a füst. Mozgóképen egyértelmű a füstre utaló jel.



17:43-kor erős füstképződés láthatunk.

7.számú függelék

C/1 Fonyód, 2021.02.27. 480065 TMMJ, 2021SOMOGY00431 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	15:49
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	15:18
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	16:14
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (t_{szp})	56 perc
Vonulási idő	25 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (t_{sza})	26 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	30 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség nádas tűznél (v)	3 m/perc
Feltételezett tűz terjedési sebesség passzív észlelés alapján	1,78 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A_p)	30000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R_p)	97,7 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K_p)	614 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A_a)	18626 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R_a)	77 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K_a)	483,8 m
A tűz kerületének különbsége	130,2 m
A tűz területének különbsége	11374 m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 30000 \text{ m}^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{30000 \text{ m}}{\pi}$$

$$R_p = 97,7 \text{ m}$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 97,7 \times \pi$$

$$K_p = 614 \text{ m}$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 3 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times 26$$

$$R_a = 77 \text{ m}$$

$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (77 \text{ m})^2 \times \pi$$

$$A_a = 18626 \text{ m}^2$$

$$K_a = 2 \times 77 \text{ m} \times \pi$$

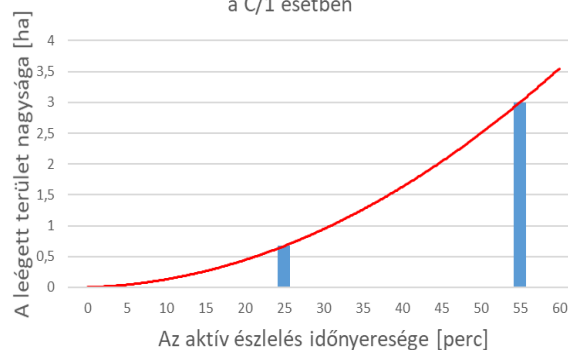
$$K_a = 483,8 \text{ m}$$

A tűz területének aránya aktív és passzív észlelés esetén a C/1 esetben



- A tűz területe kiérkezéskor, aktív észlelés esetén
- A tűz területe kiérkezéskor, passzív észlelés esetén

Az aktív tűzdetektálás idő-és területnyerése a C/1 esetben



TMSZ azonosító	Erőforrás azonosító	Riasztás azonosító	Település	Cím	EOYK EOYK	Mezsga Kiszámláló (mk.)	Szervezet (mk.)	Mezsga Kiszámláló (mk.)	Szervezet (mk.)	Keltekészési ok	Tűz tüssze	Belejár dátuma	Kiszámláló dátuma	Előjár. felszámolás dátuma	Tűz felszámolás dátuma
480065	mezőgazd	2021SCMDX00431	Fonyód	köfűterület 154410 535330	Somogy Marcali	Marcali HT	Somogy Hűfűk	Somogy Megyei Katasztrófavédelmi Irszeretlen Igazgatóság	Felzárkóz	2021. 02. 27. 15:49:00	2021. 02. 27. 16:14:00	2021. 02. 28. 1:55:00	1200000		



15:18-kor már nagy távolságból kivehető a hatalmas fűt. Ezzel szemben a bejelentés csak 31 perccel később érkezett. Ez betudható annak, hogy az emberek egymásra várnak a bejelentéssel, ha közvetlenül nem veszélyezteti a saját érdekeiket a tűz pusztítása.



A káreset felszámolása csak másnap hajnalban történt meg.

8.számú függelék

C/2 Gyöngyös, 2021.07.04. TMMJ 511660, 2021HEVES01446 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	14:41
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	14:36
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	14:50
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (t_{szp})	14 perc
Vonulási idő	9 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembe vételével (t_{sza})	10 perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	4 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
Feltételezett tűz terjedési sebesség passzív észlelés alapján	4 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A_p)	10000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R_p)	56,42 m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K_p)	354,4 m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A_a)	1520 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R_a)	22 m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K_a)	138,2 m
A tűz területének különbsége	216,2 m
A tűz területének különbsége	8480 m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 10000 \text{ m}^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{10000 \text{ m}^2}{\pi}$$

$$R_p = 56,42 \text{ m}$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 56,42 \times \pi$$

$$K_p = 354,4 \text{ m}$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times 10$$

$$R_a = 22 \text{ m}$$

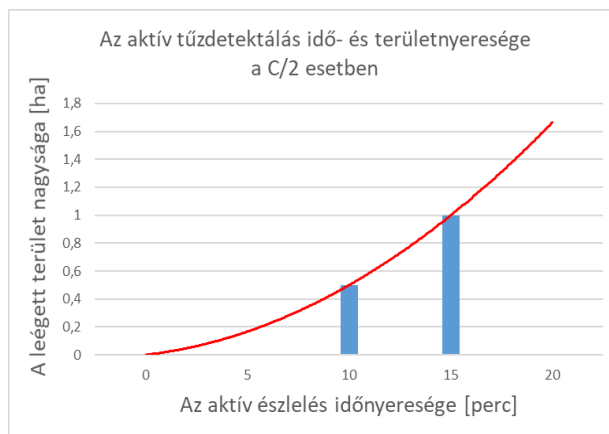
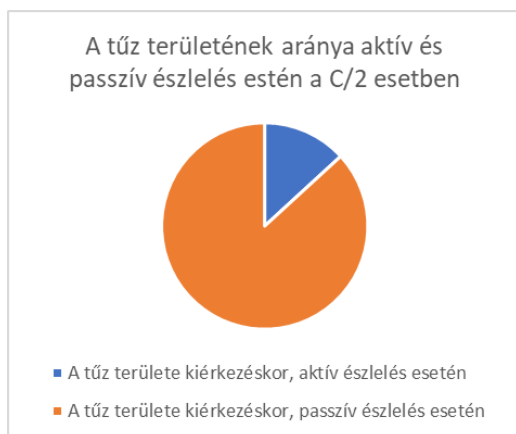
$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (22 \text{ m})^2 \times \pi$$

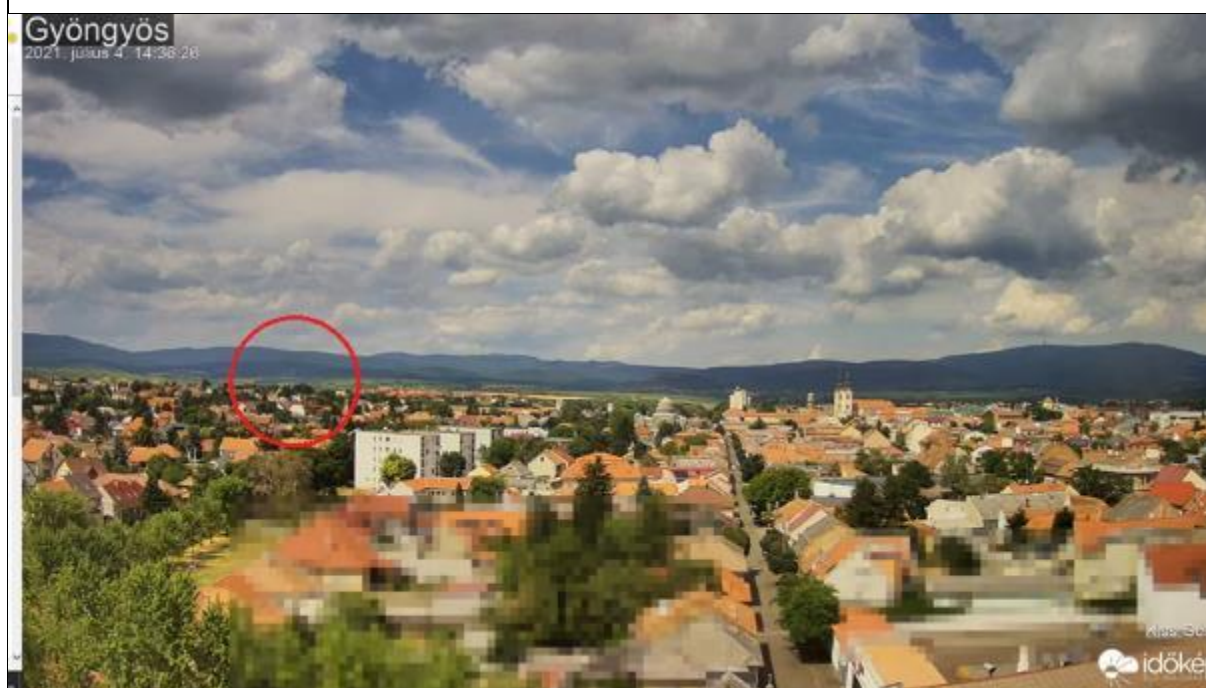
$$A_a = 1520 \text{ m}^2$$

$$K_a = 2 \times 22 \text{ m} \times \pi$$

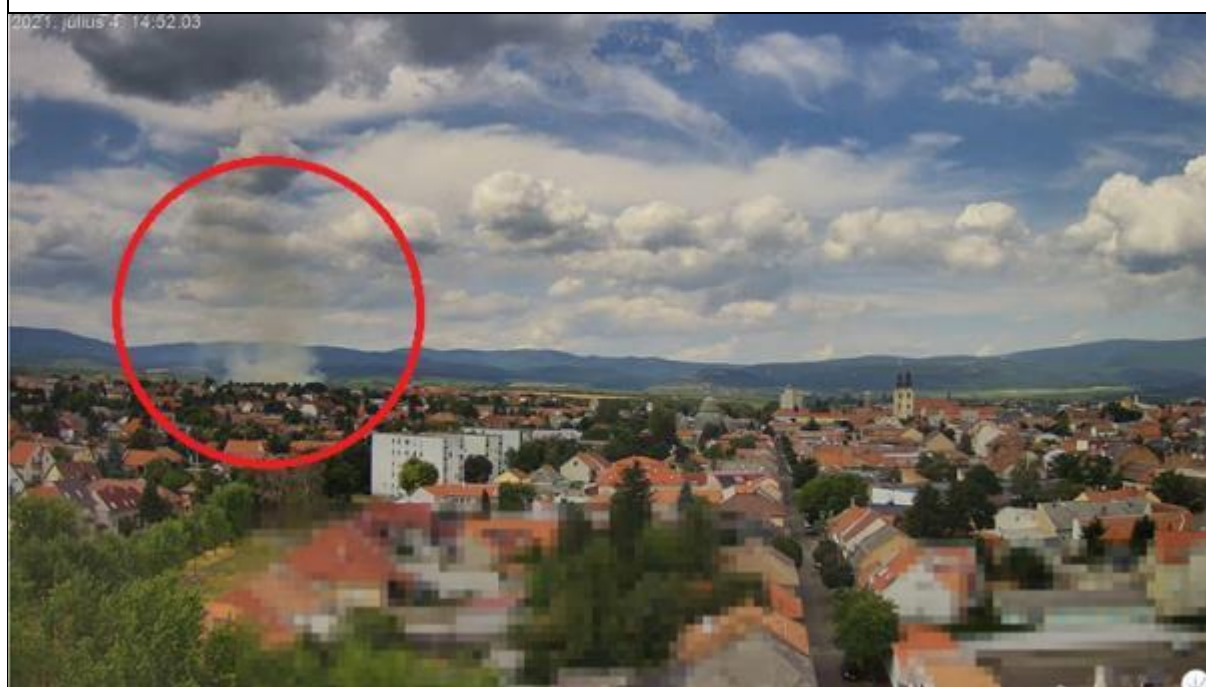
$$K_a = 138,2 \text{ m}$$



TMMJ azonosító	Erőirtés adattal	Riasztási azonosító	Teljesítés	Cím	EOVX	EOVY	Megeye (mk.)	Kirendeltség (mk.)	Szervezet (mk.)	Megeye (ll.)	Kirendeltség (ll.)	Szervezet (ll.)	Keletkezési ok	Tűz típusa	Jelzés dátuma	Kezdés dátuma	Előhívás felhasználás dátuma	Tűz alapterület (nm)
511660	meghívás	2021HEVES01446	Gyöngyös	Gyöngyös, Észak Kálvária bádogbet melletti küterület.	272630	714924	Heves	Gyöngyös	Gyöngyös HT	Heves	Gyöngyös		Hanyagóság vagy véletlen	Felhasználás tűz	2021. 07. 04. 14:41:00	2021. 07. 04. 14:52:00	2021. 07. 04. 16:04:00	40000



14:36-kor a kameraképen enyhe füstölést láthatunk.



14:52-kor a füstképződés intenzív.

9.számú függelék

C/3 Pécs, 2021.03.02. TMMJ 511660, 2021HEVES01446 PAJZS	
A tűz jelzése a bejelentő által (passzív észlelés)	15:37
A tűz detektálásának ideje a kamera által (aktív észlelés)	15:25
Az első beavatkozó egység kiérkezésének ideje	16:18
A tűz szabad fejlődési ideje a valós beavatkozásnál (tsz _p)	54 perc
Vonulási idő	41 perc
Az automatikus jelzés vélt feldolgozási ideje	1 perc
A tűz szabad fejlődési ideje a kamera jelzésének figyelembevételével (tsz _a)	42perc
Az automatikus észlelés által nyert idő	11 perc
Feltételezett tűzterjedési sebesség (v)	2,2 m/perc
A tűz területe kiérkezéskor passzív észlelés esetén (A _p)	30000 m ²
A tűz sugara kiérkezéskor passzív észlelés esetén (R _p)	97,7m
A tűz kerülete kiérkezéskor passzív észlelés esetén (K _p)	613,8m
A tűz területe kiérkezéskor aktív észlelés esetén (A _a)	26822m ²
A tűz sugara kiérkezéskor aktív észlelés esetén (R _a)	92,4m
A tűz kerülete aktív észlelés esetén (K _a)	580m
A tűz kerületének különbsége	33,8 m
A tűz területének különbsége	3178 m ²

A tűz területén és kerületének összehasonlítása passzív illetve aktív detektálás módszerével:

$$A_p = 30000m^2$$

$$R_p^2 = \frac{A_p}{\pi}$$

$$R_p^2 = \frac{30000m^2}{\pi}$$

$$R_p = 97,7 m$$

$$K_p = 2 \times R_p \times \pi$$

$$K_p = 2 \times 97,7 \times \pi$$

$$K_p = 613,8 m$$

$$R_a = v \times t_{sza}$$

$$R_a = 2,2 \frac{m}{min} \times 42$$

$$R_a = 92,4m$$

$$A_a = (R_a)^2 \times \pi$$

$$A_a = (92,4m)^2 \times \pi$$

$$A_a = 26822m^2$$

$$K_a = 2 \times 92,4m \times \pi$$

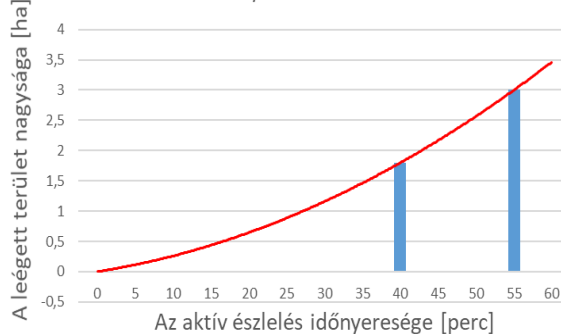
$$K_a = 580 m$$

A tűz területének aránya aktív és passzív észlelés esetén a C/3 esetben



- A tűz területe kiérkezéskor, aktív észlelés esetén
- A tűz területe kiérkezéskor, passzív észlelés esetén

Az aktív tűzdetektálás idő-és területnyeresége a C/3 esetben



TMRJ	Erőltetés	Riasztási	Telepítés	Cím	EOXX	EOXX	Moyve	Kirendeltség	Szervezet	Moyve	Kirendeltség	Szervezet	Kelekezés	Tűz	Jelzés	Készítés	Előkész.
azonosító	adatok	azonosító					(mk.)	(mk.)	(il.)	(il.)	(il.)	(il.)	ok	típusa	dátuma	dátuma	dátuma
485629	mestekint	250/1232	Pécs-Papagát	Pálfi István	GPS:46.02,5552 78541	562874	Baranya Pécs	Pécs HT	Baranya Pécs	Intervallum	Falmű	2021.03.02. 15:37:00	2021.03.02. 16:19:00	2021.03.02. 16:35:00	2021.03.02. 16:35:00	2021.03.02. 16:35:00	2021.03.02. 16:35:00

2021. március 2. 15:25:54



A karikával jelölt területen nagyon halványan látszik a füstölés.

2021. március 2. 16:31:25



A beavatkozás közben is még enyhén tapasztalható a füstölés.

10.számú függelék

Erdő- és vegetációtüzek mennyiség és megye szerinti bontásban

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Erdő- és vegetációtüzek (db)	8693	16350	4602	5783	5318	2677	7122	3125	7625	4531
Bács-Kiskun megye	584	1414	281	370	299	251	594	224	576	288
Baranya megye	262	626	135	105	106	56	166	64	191	111
Békés megye	285	468	128	147	112	70	161	120	202	117
Borsod-Abaúj-Zemplén megye	1407	2375	717	1134	1262	461	1348	663	1658	1057
Budapest	58	235	121	135	113	58	173	57	98	76
Csongrád-Csanád megye	233	580	174	186	175	117	426	221	259	154
Fejér megye	421	498	135	143	127	78	249	95	285	159
Győr-Moson-Sopron megye	147	339	144	134	135	84	184	90	177	118
Hajdú-Bihar megye	521	1291	360	588	413	133	253	175	523	240
Heves	770	1098	291	471	296	181	458	146	462	320
Jász-Nagykun-Szolnok megye	899	1091	318	401	295	180	491	286	583	314
Komárom-Esztergom megye	402	528	167	121	177	94	220	85	201	142
Nógrád megye	468	884	187	192	134	115	369	108	353	214
Pest megye	485	1652	486	672	586	251	772	272	762	414
Somogy megye	469	652	164	131	158	94	305	73	289	189
Szabolcs-Szatmár-Bereg megye	637	1355	422	569	592	231	408	299	604	337
Tolna megye	106	279	62	46	38	32	92	30	94	53
Vas megye	50	179	70	37	59	39	73	28	49	30
Veszprém megye	194	363	125	107	128	71	193	54	135	108
Zala megye	295	443	115	94	113	81	187	35	124	90

Készítette: a szerző. Adatok forrása: BM OKF KAP online