

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

Az adatábrázolás fejlődése és a műholdak kitüntetett szerepe az erdészetben

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
TÉRKÉPÉSZ ÉS GEOINFORMATIKUS SZAKIRÁNY

Készítette:
Szlovák Gergely

Témavezető:
Dr. Kovács Béla
adjunktus
ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék



Budapest, 2017

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	3
2. MŰHOLDOK	4
2.1 Főbb műholdtípusok.....	4
2.1.1 Meteorológiai műholdak	4
2.1.2 Távközlő műholdak.....	5
2.1.3 Távérzékelő műholdak	5
2.1.4 Helymeghatározó műholdak	7
2.2. Helymeghatározás elve	7
2.3. Nagy helymeghatározó műholdrendszerek	8
2.3.1 NAVSTAR.....	8
2.3.2 GLONASSZ	9
2.3.3 GALILEO.....	10
2.3.4 Egyéb rendszerek	11
2.3.5 Kiegészítő rendszerek	12
2.4 Műholdak a különböző tudományokban	13
3. ERDÉSZET	15
3.1 Erdészet mint tudományág.....	15
3.2 Erdők helyzete régen és most.....	15
3.3 Erdőgazdálkodási jogszabályok	16
3.4 Erdészettel kapcsolatos fogalmak	17
4. A TÉRKÉPÉSZET ÉS AZ ERDÉSZET KAPCSOLATA.....	19
4.1 Térképezés kezdetei	19
4.2 Erdészeti térképek a közelmúltban.....	21
4.3 Erdészeti térképek manapság	23
4.4 Digitális erdészeti térképek és rendszerek.....	24
4.5 Erdészeti térképek a mobileszközökön	26
5. ÖSSZEGZÉS.....	29
6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	30
7. HIVATKOZÁSOK	31
8. NYILATKOZAT	35

1. BEVEZETÉS

Régóta foglalkoztat az erdő, mint életközösség. Gyermekkoromban még nem voltam tisztában a védelmének jelentőségével, de nagy tisztelettel tekintettem a benne élő életformákra. Az utóbbi időben volt szerencsém közelebbről megismerni az erdővel foglalkozó szakemberek munkáját és manapság már ennek tudatában és ilyen szemmel tekintek rá. Szintén közel áll hozzám egy egészen más terület is, az informatika és a technika világa. Furcsa összecsengés, hiszen a rohamos technikai fejlődés komoly környezetkárosító hatással is bírt az elmúlt évtizedekben. Tanulmányaim során megnyugtatott a felismerés, hogy az információtechnika a természet szolgálatában is állhat és segítheti védelmének megszervezését. Mint térképész szakirányos hallgató ezek metszete alkotta meg szakdolgozatom témáját. Célom az volt, hogy az erdészetben használatos térképekről egy olyan történeti áttekintést készítsek, amely nem hagyja figyelmen kívül a legújabb megoldásokat sem.

A következő oldalakban először a műholdas technikáról, majd az erdészeti tudományáról fogok írni. A műholdaknak számos fajtájáról szó lesz, de a legnagyobb hangsúlyt a helymeghatározó mesterséges holdakra fektetem. A fontos történelmi mérföldkövek után röviden bemutatom az erdészeti tudományágát, majd a jogi háttéréről is szót ejtek. Ezek ismeretében az erdőgazdálkodás térképészeti oldalát fogom vizsgálni. A legelső erdészeti témájú papírtérképektől kezdve a digitális, vektoros térképeken át a modern mobiltelefonos megoldásokra is kitérek.

2. MŰHOLDAK

2.1 Főbb műholdtípusok

Ahogy a bevezetésben már említésre került, a dolgozat főként a helymeghatározó műholdakra koncentrál. Feltétlenül szükséges megemlíteni azonban a műholdak többi típusát is, mivel az erdészethez mindegyiknek jelentős köze van. Ezen felhasználási körök csak kisebb szeleteket képeznek majd a szakdolgozatomban az általam vázolt műholdak világából, lehetőség szerint olyan példákkal, amelyek az erdészet tudományában is megmutatkoznak.

2.1.1 Meteorológiai műholdak

A klímakutatók hosszú távú előrejelzéseit nagyban segítik a modern kor űreszközei. Fontos információkat derítenek ki a légkör állapotáról. Ezek az eszközök tipikusan geostacionárius vagy kvázipoláris pályán keringenek. A geostacionárius pálya jellegzetessége, hogy a Földével megegyezik a műhold keringési ideje, így az mindig az egyenlítő egy beállított pontja felett képes adatokat rögzíteni 35790 km-es magasságból. Ezzel szemben a kvázipoláris pályán lévő eszközök alacsonyan keringenek. A két pólus felett elhaladva a Föld forgásának köszönhetően az egész bolygófelszínről képesek adatokat gyűjteni. [<http://www.met.hu/omsz/tevekenysegek/muholdmeteorologia/#>]

A klíma időbeli változását még csak néhány évtizede észlelhetjük az űrből, hiszen az első ilyen jellegű műholdat, a Vanguard-2-est 1959-ben bocsátották az űrbe. Az volt a feladata, hogy a rajta található fotocellák segítségével a Föld légkörének és a földfelszínnek a fényvisszaverő-képességét megállapítsa. Ezekből az adatokból következtetni lehetett a felhők fényelnyelési tulajdonságaira. [McLaughlin Green, C. – Lomansk, M. 1970]

Az idő múltával ezek a mérések is finomodtak, mára már egyetlen időjárási jelenség sem marad észrevétlenül vagy megfigyelés nélkül, köszönhetően a Meteosat családnak. A műholdak meghatározott időközönként készítene képfelvételeket a Föld felszínéről, a látható és az infravörös tartományokban egyaránt. A mostani második generációs Meteosat műholdak az új SEVIRI (Spinning Enhanced Visible And Infrared Imager) rendszernek köszönhetően egy időben 12 csatornán képesek pásztázni bolygónkat. Ezen felül tartalmaznak egy vészjelző rendszert is, mely értesíti a földi központot közvetlen veszély (pl.: természeti katasztrófák, árvizek) esetén.

[<http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html>]

A műholdak ezen csoportja csak közvetett szereppel rendelkezik az erdészetben. Az időjárás-előrejelzés ebben a tudományágban is fontos, elengedhetetlen például a fakitermelés ütemezése vagy az újulat védelme érdekében. A klímakutatók által közzétett információk tehát sokat segíthetnek az erdőmérnökök munkájában.

2.1.2 Távközlő műholdak

A mesterséges holdak ezen családja telekommunikációs célt szolgál. Geoszinkron pályán keringenek, ami hasonló a geostacionáriushoz, csak ebben az esetben nem az egyenlítő felett tartózkodik az eszköz. Az első ilyen típusú műhold a SCORE volt, amely rádióhullámon közvetítette Eisenhower elnök köszöntőjét 1958 karácsonyán.

Manapság már kiterjedtebb a funkciójuk, mindennapi életünket körülvevő szolgáltatások sorát kínálhatja. A nagysáv szélességű internet, a magas felbontású televíziós csatornák és a telefonos beszélgetések is műholdas kapcsolaton keresztül bonyolíthatók le, manapság sok országban alapvetőnek tűnnek ezek az igények. A dolgozat témája szempontjából különös figyelmet érdemelnek a műholdas telefonok. Hazánkban is gyakran előfordul, hogy az erdő mélyén, vagy egy völgy aljában elveszítjük a télerőt, és nem tudunk hívást kezdeményezni, sem pedig fogadni. Vészhelyzetben ez életébe is kerülhet. Ha a világ szélsőségesebb helyeinek viszonylatában gondolkozunk, akkor ez a probléma akár még gyakrabban fennállhat. Erdészeti tevékenység természetesen az egyenlítői őserdők területén is folyik. Ha egy szakember bajba kerül a térségben, akkor egyedül a műholdas segítségkérésre számíthat. Az ilyen esetekre kínál szolgáltatást az Inmarsat, az Iridium, a Thuraya és a Globalstar.

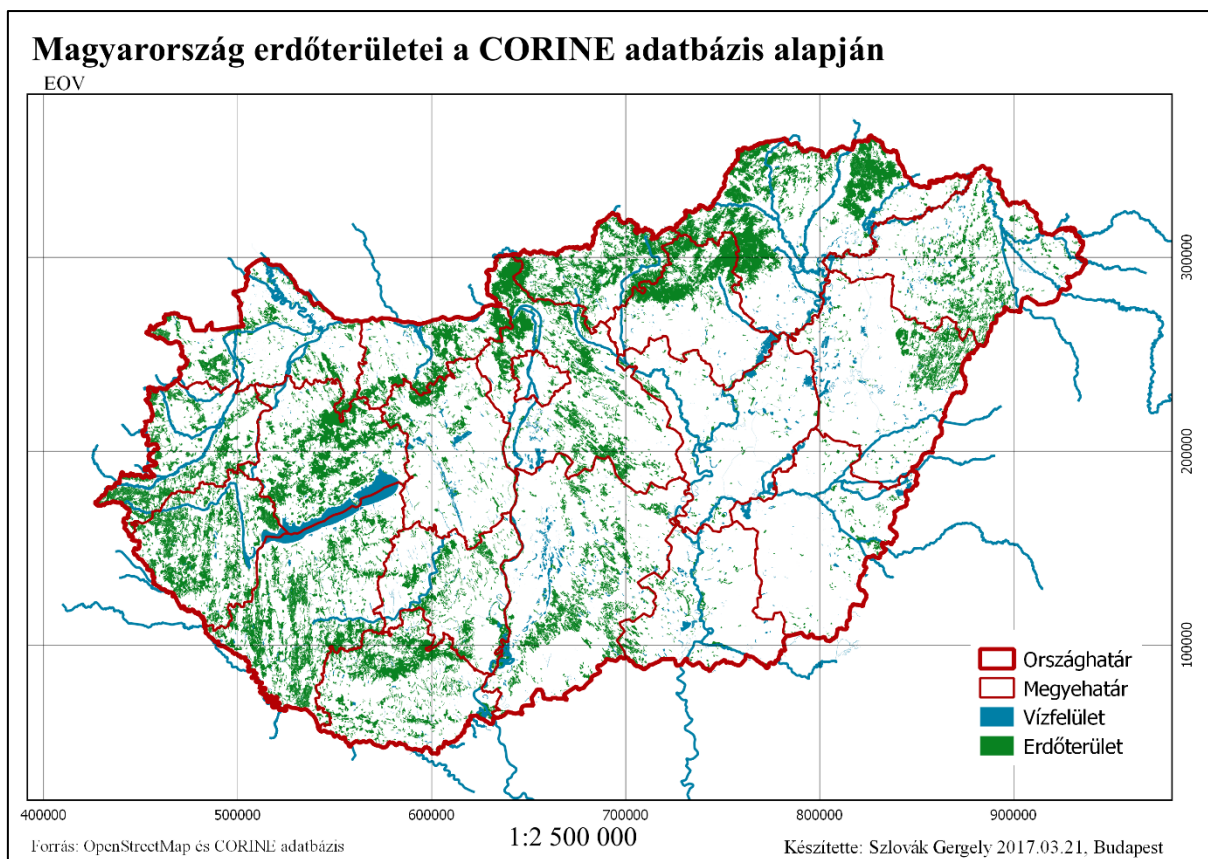
A szolgáltatás hátránya viszont, hogy rendkívül költséges. A telefonkészülék ára is magas, havidíjat és aktivációs díjat is fizetnie kell a felhasználónak, mindezek mellett a percdíjak is jóval költségesebbek a megszokott földi telefonszolgáltatók által kínált áraknál. Ennek ellenére a veszélyes terepre merészkedő szakembereknek, extrém turistáknak találó biztonsági eszköz egy ilyen telefonkészülék. [Burica, A. J. 1997]

2.1.3 Távérzékelő műholdak

Ebbe a kategóriába tartozó űreszközök a földfelszínt valamiféle visszaverődés kiértékelésével jellemzik. Fontos kiemelni, hogy ez bármilyen elektromágneses hullám lehet, nem csak a fény. Ezen műholdak képesek saját maguk is meghatározott hullámhosszú

sugárzást kibocsátani és a visszaverődés alapján értelmezni azt. Az első ilyen típusú eszköz a Landsat 1. 900 km-ről készített felvételeket a földfelszínről sávonként 185 km szélesen. Egy adott területre 18 nap elteltével tért vissza, így idősorosan vizsgálható volt a felszín változása. [<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-1-2/>]

A későbbiekben lehetővé vált a nagyfelbontású képek készítése és kiértékelése, így a távérzékelő műholdak megfelelő pontossággal képesek azonosítani a növényfedettséget. Erről létezik egy ingyenesen elérhető adatbázis, a CORINE. A képek elemzésével 44 osztályba sorolva tartalmazza a növényzetről szóló információkat. Ezzel jól vizsgálható például az erdőterületek aránya és idősoros fejlődése (1.ábra). Eleinte 27 országról tartalmazott adatokat, de mára ez a szám 39-re nőtt és javult az eljárás pontossága is. A legkisebb elemezhető egység 25 hektár. [<http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>]



1.ábra Saját térképvázlat a Corine adatbázis alapján

A már említett növényfedettség idősoros vizsgálatából lehet következtetni többek között bizonyos növényfajok pusztulására vagy szaporodására. Emellett a térképek helyesbítésénél is alkalmazzák, de a környezetvédelem is profitál belőle.

2.1.4 Helymeghatározó műholdak

A következő fejezetekben részletesebben mutatom be a helymeghatározás céljából pályára állított műholdakat, működési elvüket, és a már létező nagy műholdrendszereket. Talán ez a legszélesebb körben ismert típusa a műholdaknak a civil életben, emellett az erdészet szempontjából is megkérdőjelezhetetlen a jelentősége. A geodéziai pontosságú felmérésekben, de akár az egyszerű tájékozódási feladatokban nyújtott segítségük mind a szakmabelieknek mind pedig a civil felhasználóknak fontos.

2.2. Helymeghatározás elve

Hol vagyok most éppen? Sok emberben merül fel ez a kérdés hétköznapi élete során, de talán még fontosabb szerepet játszik a tudományok terén. Eleinte elegendő volt egy csupán megközelítőleg pontos válasz. Később megalkottuk a térképszerű ábrázolást, majd a valódi térképeket. Ekkor már képszerűen is megjelent előttünk a világ egy részletének kicsinyített képe. Csillagok megfigyelésével, majd egyszerűbb helymeghatározást segítő eszközökkel igyekeztünk megtalálni a helyzetünket, mígnem eljutottunk az egészen kifinomult technikát igénylő műholdak világáig. Egy objektum - akár saját magunk - nagy pontosságú helyzetének meghatározásához szükség van egy vonatkoztatási rendszerre. Ezt nemcsak nekünk, de a helymeghatározást végző műszernek is ismernie kell. A Földön történő pozicionáláshoz a gömbi poláris koordináta-rendszert használjuk. Helyzetünk pedig egy meridián (hosszúsági koordináta) és egy paralelkör (szélességi koordináta) metszéspontjából tevődik össze. [Klinghammer I. – Papp-Váry Á. 1983]

Hogy eredeti kérdésünkre választ kaphassunk, annak módja a műholdas technika fejlődésével jelentősen leegyszerűsödött. Első lépés a műholdak vizuális megfigyelése volt, amely során egy teodolittal követték a mozgó eszközöket. Rögzítették a mérés időpontját, illetve a műhold és a vevő által bezárt szögkoordinátákat. Ennek a módszernek a pontossága kilométeres nagyságrendű, és a helymeghatározás hosszú ideig tartott. A lassú folyamatot később felváltották a gyors, lézeres távmérés elvén működő rendszerek. Az úgynevezett SLR (műholdas lézeres távmérés) egy olyan módszer, ahol a lézer által megtett út idejének ismeretében megméri a műhold pontos távolságát. Ilyenkor a mért idő felével kell dolgozni, hiszen csak az oda, vagy éppen a visszafele tartó úttal számolva kapunk helyes értéket. [Ádám et al. 2004]

Ezt egy sokkal gyorsabb eljárás, a Doppler-technika váltotta fel. Ha a hullámot kibocsátó forrás mozgásban van, akkor az észlelt frekvencia különbözik az eredeti,

hullámforrás által keltett frekvenciától. Ezt nevezzük Doppler-effektusnak. A frekvencia eltérésének mértékéből, és az eltelt idő pontos ismeretéből kiindulva következtetéseket vonhatunk le a műhold helyzetét illetően. Minél pontosabb az időmérés, annál nagyobb pontosságú helymeghatározás érhető el. [Bérczes et al. 2003]

Az 1950-es évek vége felé kirobbanó, úgynevezett űrkorszak, a műholdas mérések szempontjából is kiemelt fontosságúnak számított. Ekkortájt kezdődött meg az Egyesült Államok kormányának támogatásával a TRANSIT rendszer kifejlesztése is. Eleinte csak a tengeralattjárók helyzetének meghatározására használták, majd később civilek is igénybe vehették. Egyszerre 5 műhold keringett a Föld körül 1075 km magasságban, és pályaadatokat, illetve mérőjeleket közvetítettek a műszerek felé. Pályától függően 35, vagy 100 percenként sugároztak jelet. Mérésre csak akkor nyílhatott lehetőségünk, amennyiben egy műhold megjelent a horizont felett. 10-16 percig tartott egy mérés, ami alatt a műhold 4400-7000 km-t képes megtenni. A folyamat végén 5-7 méteres pontosság is elérhető volt. Előfordult azonban, hogy nem kaptak pontos pályaadatokat, ekkor 27-37 méteres hibával terhelt eredmény is született. A korhoz mérten a gyors és pontos helymeghatározáson felül további előnyök is származtak a rendszerből. Az oceanográfia és az olajkutatás is profitált belőle. A rendszernek hibái is akadtak; folyamatos helymeghatározásra alkalmatlan volt, hiszen nem állt fenn állandó kapcsolat eszköz és műhold között. Gyorsan mozgó objektumokon így szóba sem jöhetett a használata, emellett műszakilag is hajlamos volt a meghibásodásra. [Stansell, T. A. 1983]

A TRANSIT volt tehát az első helymeghatározásra használható, teljesen kiépített rendszer. Ezek után rohamosan fejlődött az űrtechnika és további műholdakat bocsátottak fel. A Doppler-technikát is leváltotta a még gyorsabb időalapú mérés, az újabb atomórákkal rendkívül pontosan megállapítható volt a rádiójel útja. Nemcsak az Egyesült Államok, de Oroszország és Kína is becsatlakozott a navigációs műholdak fejlesztésébe.

2.3. Nagy helymeghatározó műholdrendszerek

2.3.1 NAVSTAR

A TRANSIT továbbfejlesztésével jött létre a GPS (Global Positioning System) néven elhíresült rendszer, amelyet legtöbbször ma is használunk mindennapjainkban. A hosszú fejlesztési folyamat során biztosították, hogy a rendszer mindig alkalmas legyen gyors és pontos mérésekre, a mérési időponttól és az időjárástól függetlenül. Legalább három különböző műholdra van szükség a tartózkodási hely három koordinátájának

meghatározásához. Ezek közül kettő vízszintes koordináta (szélesség és hosszúság), a harmadik pedig a tengerszint feletti magasság. Szükséges megadni még egy negyedik összetevőt is, az időt. A vevő és a műhold óráját elengedhetetlen szinkronba hozni, azaz negyedik adatként időkorrekciót is kell kapnunk, hiszen a távolságmérés időalapú. A legapróbb eltérés is ellehetetlenítené a pontos mérést, ezért egyszerre négy műholdtól célszerű adatot nyerni, ami azt jelenti, hogy egyidejűleg négy eszköznek kell a horizont felett 15° -kal tartózkodni. A rendszer tervezésének alappillére az volt, hogy a megfelelő műholdak folyamatosan a felhasználók rendelkezésére álljanak, ezért a műholdpályák meghatározásakor azt tartották szem előtt, hogy állandó jelleggel, legalább négy műhold mérési tartományában helyezkedjen el a Föld bármely pontja, azaz teljes lefedettséget érjünk el. Ennek megfelelően 24 darab, 20200 km magasan keringő műholddal számoltak. A tervezett műholdak számát mára jóval túllépték. Jelenleg 31 működő műhold kering a Föld körül. Hat pályasíkot jelöltek ki, amelyek 55° -os szöget zárnak be az Egyenlítőhöz képest. [<http://www.gps.gov/systems/gps/space/>]

A különböző időpontokban pályára állított műholdaknak több generációja létezik. Korai változata a Block I elnevezést kapta. Fejlesztési célból készült, mára egyik ilyen típusú mesterséges hold sem üzemel. A Block II típusú eszközök több fejlesztésen is átestek. Majdnem kétszer olyan nehezek voltak, mint az előző csoport tagjai, és akár két hétig is képesek voltak pontos helyadatokat sugározni földi vevőállomás segítségével nélkül. Ebben a műholdcsaládban több altípus is megjelent, továbbfejlesztett változata például az „A” utótagot kapta. Ezen műholdak pontosabb cézium- és rubídium órákat kaptak. Az R-típusúak a régi, már nem üzemelő elődjeiket váltották, pontosabbak a pályaadatok, ezen kívül hat hónapig képesek nagy pontosságú adatot szolgáltatni földi segítség nélkül. További változatok léteztek R-M, F névvel. A Block III-as család „A” jelzésű típusai fejlesztés alatt állnak, 2018 tavaszán tervezik felbocsátani közülük az elsőt.

A tárgyalt eszközök közös tulajdonsága, hogy képesek napelem segítségével feltölteni akkumulátoraikat, így lehetővé téve a pályakorrigálást segítő hajtóműveknek nemcsak a napfelőli, de az árnyékos oldalon való működését is. [Ádám J. et al. 2004]

2.3.2 GLONASSZ

Nemcsak az Amerikai Egyesült Államoknak állt érdekében a saját katonai helymeghatározó rendszer kiépítése, hanem más nagybirodalmaknak is. A Szovjetunió

létrehozta a GLONASSZ-t, mely mérési elve a NAVSTAR-éhoz hasonló, de műholdjainak valamivel alacsonyabb a keringési pályája, hozzávetőleg 19100 km. Az Egyenlítőtől számítva 64,8°-ot hajlik el a pályasíkjuk. A teljes műholdkonstellációt hosszú ideig nem építették ki teljesen, mára azonban 27 GLONASSZ műhold kering Föld körüli pályán, ebből 24 működő, 1 tartalék, 1 tesztüzemben működik, a maradék 1 pedig ellenőrzés alatt áll. [<https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>]

Fontos technikai eltérés az amerikai rendszerhez képest viszont, hogy a műszerek nem azonos frekvencián sugározzák a jeleket. Differenciális pontosítás nélkül 57-70m-es, ennek igénybevételel viszont akár 5-7 méteres pontosság érhető el. A felbocsátott eszközök eleinte csak 3-4,5 évet üzemeltek. Vegyes sikerek vették körül a rendszert. Több műhold ki sem lépett a földi légkörből, még indítás közben megsemmisült. [Polischuk, G. M. et al. 2002]

Az ezredforduló után viszont újabb generációs, M típusjelzésű műholdak álltak pályára. 7 éves üzemidőt jósoltak nekik, de sok közülük még jelenleg is működőképes. A fejlesztéseknek köszönhetően, hármassával tudták indítani őket. Magasabb energiaellátás és megbízhatóbb atomóra jellemzi őket, 25 csatornán képesek navigációs jeleket sugározni.

A K-generációban a műszerek modernizációja mellett sikerült 10 évre megemelni a működési időtartamot, miközben az eszközök tömegét csökkentették, javarészt orosz műszerek használata mellett. Az újítások kétszeres pontosságot ígértek. [Baschkova, S. 2007]

2.3.3 GALILEO

Miután az orosz és amerikai nagyhatalmak már működő rendszerrel rendelkeztek, az európai kontinensen is felmerült az igény, miszerint egy teljesen független, civil műholdas rendszert hozzanak létre. Tervük szerint az akkor elérhető legmodernebb berendezések felhasználásával az eddigieknél gyorsabb helymeghatározást tennének lehetővé. Annak ellenére, hogy Európa-központú navigációs rendszerről van szó, Kína is csatlakozott a tervezéshez. Közös érdeküként a független navigációs rendszer kialakítását tűzték ki, hiszen egy esetleges háború kitörésekor Oroszország leállíthatja a GLONASSZ-t, csakúgy, mint az Egyesült Államok is a NAVSTAR-t. 2008-ban Kína azonban kivált az egyezményből, és az alapokat felhasználva kiépítette a saját rendszerét, melyet ma BeiDou-ként ismer a világ. [<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/3121682.stm>]

A GALILEO az építés során két fő fázison esett át; elsőként egy tesztidőszakon, az IOV (In-Orbit Validation) fázison, mely alatt két kísérleti műholdat bocsátottak fel a 2000-es évek elején. A teszt keretein belül vizsgálták az atomórák megfelelő működését, az átviteli frekvencia megbízhatóságát és a pályaelemek tulajdonságait is. Később további két műhold segítségével 2013 márciusában meghatározták az első GALILEO műholdak által számított pozíciót.

A második FOC (Full Operational Capacity) fázis a műholdak bővítéséről, illetve a földi hálózat kiépítéséről szól; ez a mai napig tartó folyamat. A rendszer tervei szerint 30 műhold nyújtana szolgálatot. Egyenként 650 kg-os tömegükkel minden eddigi mesterséges holdnál könnyebb egységekről beszélünk. A másik két rendszernél távolabb keringenek a Föld felett három pályasíkon, 23600 km magasan. A GPS szolgáltatással kombinálva sokkal megbízhatóbb méréseket ígérnek, főként nagyvárosokban, magas épületek közelében, mivel a horizont felett egyszerre sokkal több műhold tartózkodik majd.

[https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history_en]

Sok halasztás után végül 2016. december 16.-án elindult a szolgáltatás, ám csak részben kiépített rendszerről beszélhetünk. Ugyan a műholdak száma még nem érte el a 30-at, de bizonyos időpontokban már megfelelő fedettséget biztosítanak a méréshez. Jelenleg 17 műhold aktív, de folyamatosan zajlanak a fejlesztések, és újabb műholdak felbocsátását tervezik. A dolgozat készítésének idejében (2017 tavasza) még korlátozott számban érhetőek el GALILEO vételre alkalmas eszközök. Az okostelefonok közül jelenleg mindössze 6 típus használható erre. Egyelőre csak a legfelsőbb kategóriás eszközök támogatják, de várhatóan egyre több készülék lesz rá képes. Példa közülük a nem olyan rég megjelent Huawei P10 és Samsung S8 plus.

2.3.4 Egyéb rendszerek

Hazánkban az előzőekben említett és taglalt három nagy műholdrendszer ismert, illetve használatos, és olyan, szabvány szerint legyártott antennákat alkalmaznak, amelyek képesek a jeleiket venni. Fontos megemlíteni azonban az egyéb, már elkészült rendszereket. Az 1. táblázat foglalja össze ezen rendszerek paramétereit.

Régió/ország	Műholdrendszer	Teljes név	Típus
Kína	CAPS (BeiDou-1)	Chinese Area Positioning System	Regionális
Kína	COMPASS (BeiDou-2)		Globális
India	GINSS	Global Indian Navigation Satellite System	Globális
India	IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System	Regionális
Japán	QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	Regionális

1. táblázat: Összefoglaló az egyéb műholdrendszerekről

2.3.5 Kiegészítő rendszerek

A ma is használatos mérések pontossága a helymeghatározó műholdakon kívül a kiegészítő rendszereknek is köszönhető. Ezek az eszközök az úgynevezett SBAS (Satellite Based Augmentation System) műholdak. Regionális pontosítást kínálnak, hiszen a geostacionárius pályán keringő egységeken kívül, földi állomások is részét képezik a rendszernek. Geostacionárius műholdakra már az előző fejezetben is láthattunk példát, hiszen a távközlési mesterséges holdak e csoport tagjai. Célszerűnek mutatkozott rájuk rögzíteni a helymeghatározáshoz használandó egységeket, így jelentősen csökkentek a beüzemelési költségek. Az állomások helyzete ismert, folyamatosan kapcsolatban állnak a műholdakkal és kódtávolság-korrekciós jelet kapnak, amit továbbítanak egy vagy több helymeghatározó műhold felé. Nemcsak a helymeghatározás pontosítása a feladatuk, de mivel használatukkal megnő a navigációs műholdak száma, javul a felhasználók rendelkezésére álló műholdak aránya.

Európában ennek a rendszernek a neve EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). Ebben az időpontban három űreszközből és 34 földi állomásból áll Európa-szerte. Segítségével ideális esetben 1-2 méteres névleges vízszintes pontosságot lehet elérni. Mivel az Egyenlítő felett tartózkodnak, hazánk területéről nézve már kisebb terepi objektumok is kitakarhatják őket. Ebből adódóan fedettebb területeken, például egy erdőben, sokszor előfordul, hogy nincs műholdas korrekciós adat.

Nemcsak kontinensünkön férhetünk hozzá hasonló szolgáltatáshoz, de Észak-Amerikában (WAAS), Japánban (MSAS) és Indiában (GAGAN) is. Működési elvük

megegyezik az EGNOS-éval és ingyenesen elérhető műholdas pontosítást biztosítanak méréseink számára. További, nem ingyenes szolgáltatások is léteznek akár műholdas, akár földi alapú differenciális pontosításról legyen szó. Ezekre viszont dolgozatomban nem tértem ki részletesebben. [Busics Gy. 2010]

2.4 Műholdak a különböző tudományokban

Az előzőekben olvashattuk, milyen sokrétű lehet a műholdak felhasználása. Az egyre növekvő számú felhasználói csoport bizonyítja, hogy ezek a rendszerek megállják a helyüket, megbízhatóak és gyorsak. Ám nem csak a magánemberek profitálnak belőle. Rengeteg olyan foglalkozás létezik, melynek modern segítséget nyújtanak ezek az eszközök. A következő bekezdésekben ezt az állítást támasztom alá sokszínű, több foglalkozáskörből kiragadott példák segítségével.

A hadászattal foglalkozók találkozhattak legelőször a helymeghatározó műholdak nyújtotta előnyökkel. Eleinte magas fokú pontosság hiányában csak tengereken használhatták biztonsággal, ahol viszont a rendszer megfelelt az elvárásoknak, könnyedén elboldogult egy óceánjáró vagy egy tengeralattjáró navigációjával. Ahogy a műszerek egyre nagyobb pontossággal rendelkeztek, már a katonák is használtak vevőeszközöket, amely így két fontos célt is ellátott. A nyilvántartó, irányító tiszt láthatta az egyes katonák mozgását, emellett a terepen műveletet végrehajtó csoport tagjai is folyamatosan ismerték a saját helyzetüket. Használható továbbá járművek irányításához, ennek előnye, hogy a harckocsikból nehézkes a kilátás és a tájékozódás, de a vevőkészülékkel jóval könnyebb feladatuk van a harckocsik vezetőinek. De olyan eseteket is ismerünk, mikor a helymeghatározó eszközök révén egy jármű ön- vagy távirányítással rendelkezik, tehát teljesen átveszi az embertől az irányítás feladatát, ilyenek például a pilóta nélküli vadászgépek.

Mivel a hadsereg egységeinek helyzete titkos, ezért nem navigálhatnak a civileknek szóló C/A kódon. Szükségük volt tehát egy saját kódra, amely pontosabban és megbízhatóan működik, emellett titkosított, tehát csak a saját eszközeik tudják dekódolni a jeleket. Létrehozták az úgynevezett P-kódot, ami 10230 bitet tartalmaz, azaz tízszer annyit, mint a C/A kód.

A nemzet védelmével foglalkozó Honvédségen kívül a nemzet élelmiszerrel való ellátásában, a mezőgazdaságban is teret hódított magának a műholdas technika. A távérzékelő műholdak segítségével képesek a parcellák fedettségét azonosítani, így tudják

ellenőrizni, hogy a gazda valóban a támogatásának megfelelő haszonnövénnyel vetette-e be földjét. Ezen kívül a területrendezés szempontjából is elengedhetetlen tudni, hogy éppen milyen növényeket termesztene, nem beszélve mindenféle növénykárosodás felméréséről. [https://www.deere.com/en_INT/products/equipment/agricultural_management_solutions/guidance_and_machine_control/autotracs/autotracs.page]

Emellett jól hasznosítható a műholdas helymeghatározás is, hiszen így a munkagépek önjáró módon a megfelelő területeket tudják megművelni vagy esetenként kitermelni. A magasabbra növő haszonnövények esetében problémás volt az irány megtartása, de az automatizált rendszerek ebben is segítenek. A gyártók speciálisan a mezőgazdaságba szánt vevőantennákat és teljes rendszereket kínálnak. Erre példa az AgGPS rendszer, amely előben kínál nagy pontosságú helymeghatározást és így segít a föld előkészítésében, a vetésben, a növényvédelemben, az öntözésben vagy akár a kitermelésben. [Trimble 2007]

Az előbb említett felhasználási területhez szorosan kapcsolódik az időjárás-előrejelzés és a klímakutatás is. Ezekkel az ágazatokkal a meteorológia foglalkozik, a szakembereket pedig a meteorológiai műholdak által szolgáltatott adatok segítik. Rövid-, közép- és hosszú távú elemzések részére egyaránt hasznos információkat közölnek, így a civil életben, a mezőgazdaságban, a katasztrófavédelemben egyaránt hasznos szerepet játszanak ezek az eszközök. Ehhez kapcsolódóan fontosnak tartom megemlíteni, hogy egyéb Naprendszerbeli bolygók vagy holdak felkutatásánál is ugyanilyen jellegű szondákkal elemzik a vizsgált égitest légkörét. Ezzel azonos módon használható Földünk légkörének vizsgálata során, azzal a nagy különbséggel, hogy ez esetben természetesen kiterjedt felszíni elemzőhálózat is működik. A károsanyag-kibocsátás mennyiségét és az üvegházgázok jelenlétének növekedését is ilyen módon határozzák meg.

Az egyéb földtudományok területén is egyre többször alkalmazzák a műholdak nyújtotta újításokat. Geológiai vagy geofizikai terepi vizsgálatok elvégzésekor célszerű a távérzékelte műholdfelvételeket ellenőrizni a terepi bejárás előtt. Továbbá a terepi jegyzőkönyv fontos kiegészítőjévé vált a vizsgálat helyszínének pontos koordinátája, ahol feljegyzések vagy fényképek készültek. A modernebb fényképezőgépek és okostelefonok képesek arra, hogy egy fénykép készülése pillanatában automatikusan tárolják a koordinátákat. Akár az elemzésre váró pontok megtalálásában is tudnak segíteni a műholdak azzal, hogy a megfelelő helyre navigálnak bennünket.

3. ERDÉSZET

3.1 Erdészet mint tudományág

Az erdészet mint tudományág az erdők létesítésével és nevelésével foglalkozik. „Az erdő a természetes állapothoz közel álló, olyan kiegyensúlyozott rendszer, olyan ökoszisztéma, melyben a környezeti tényezők és a növény-, valamint állattársulások közötti sokoldalú kölcsönhatások érvényesülnek.” [Führer et al. 2008]

Az erdőkben található faanyag megfelelő hasznosításáért és megújításáért az erdőgazdálkodás felelős. Feladatai három nagy csoportba sorolhatók: termelési, védelmi és rekreációs funkciókra. Termelési szerepük vitathatatlan, hiszen egy országot kell ellátni belőlük faanyaggal különböző felhasználási célokra. A kitermelt faanyagból a tűzifától kezdve, a bútorokon át, egészen az építőiparban használatos alapanyagig bármi lehet, függően a fafaj keménységétől és a fűtőértékétől. Kitermelésük emberi erővel vagy emberek által irányított gépekkel történik, így sokaknak nyújtanak munkahelyet. Védelmi funkciójuk leginkább árvízvédelmi szerepükben nyilvánul meg, hiszen a folyóvizek mellett fekvő településekben élők az árterekre telepített fák megóvják az áradások pusztításaitól. Emellett az erdők kiváló talajmegkötő képességgel és klímavédelmi tulajdonságokkal is rendelkeznek. Az ország minél nagyobb arányban történő erdősítése az eredeti magyarországi tájkép megőrzése érdekében is üdvöztető. Ezáltal a rekreációs- és pihenőhelyek száma is megnő a gyógyulni és kikapcsolódni vágyók számára. [Führer et al. 2008]

Látható tehát, az erdők megannyi hasznos, sőt nélkülözhetetlen tulajdonságot hordoznak magukban az emberiség számára, így nyilvánvalóan közös érdekünk fenntartásuk és védelmük.

3.2 Erdők helyzete régen és most

A hazánk területén elterülő erdőterületek kiterjedésének mértéke a történelem során számottevően megváltozott. Feltételezések szerint, az emberek betelepülése előtt a Kárpát-medence területének több mint négyötödét erdő boríthatta. További becslések azt mutatják, hogy a Honfoglalás korában ez az arány majdnem 50%-ot csökkent, így elérve a 37,2%-os erdőborítást. [Bartha D. – Orosz S. 1995]

Az erdők aránya a középkorra tovább csökkent. A népességszám emelkedésével és az igények növekedésével egyre több faanyagra lett szükség. A társadalom az erdőkre csak korlátlanul kitermelhető nyersanyagforrásként tekintett. Regenerálódását nem segítették, ezt a természetre hagyták. Amennyiben jelentős méretű építkezések folytak és egyszerre volt szükség nagy mennyiségű faanyagra, a következményekre való tekintet nélkül alkalmaztak tarvágást, azaz nagyobb területet teljesen lepusztítottak, s a földben hagyták a tuskókat. Az újkor kezdetétől egészen az erdőtörvényekig az erdők pusztítása volt jellemző. Az ipar fejlődése is több tűzifa-felhasználást jelentett. Főként a nemesfémbányászat bányaeerdeit kellett először megvédeni, erre irányultak az első erdőtörvényhez hasonlatos rendelkezések. Később, a természettudományok fejlődésével, a természetes erdőket is védeni kezdték. Egy időre mérséklődött a pusztítás, de az ország már csak jó negyedét alkotta erdő. [Kovácsévics P. 2014]

Sok szempontból szomorú idő a két világháború körüli időszak. Ez sajnos az erdőkre nézve is igaz volt, történelmi mélypontra, 12%-ra csökkentek az erdőterületek. Szerencsére ez az arány azóta folyamatosan növekszik, köszönhetően a tudatos erdőgazdálkodásnak és a szigorított jogszabályoknak. Mára ez több, mint 10%-kal megemelkedett, így hazánk teljes területéből 20560 km² erdővel borított. Rendeltetésük szerint a gazdasági erdőkből van a legtöbb, ezt követi a védelmi rendeltetésű, majd a közjóléti erdő. [Medzihradszky Zs. 1996; http://www.nebih.gov.hu/szakteruletek/szakteruletek/erdeszeti_igazgatosag/erdeszet_szakteruletek/erdolatogatoknak/erdeszettortenet]

3.3 Erdőgazdálkodási jogszabályok

Ahhoz, hogy szabályozni tudjuk az erdők felhasználását, előbb magát az erdőállományt kell leltárba venni. Elvárt ismerni az uralkodó fafajt, növekedési sajátosságokat és felhasználási köreit. Az első, kimondottan erdőkre vonatkozó törvény megalkotására a 16. század közepéig várni kellett. Miksa király nevéhez fűződik és erdőrendtartás néven ismeretes, inkább az erdővel kapcsolatos munkák szervezésére vonatkozik. Később, III. Ferdinánd felmérte az ország erdőterületét. Miksa király törvénye után több, mint 200 évvel Mária Terézia alkotta meg osztrák mintára az első, szabatos erdőtörvényt. Az 1769. december 22-én kiadott „Fáknak és erdőknek neveléséről, és megtartásáról való rendelés” című okmány mérföldkő volt a tudományág történetében, melynek alapjait még ma is megtartották. Parancsba adja az erdőterületek felmérését, a

fatömeg megállapítását, szabályozza a fakitermelést, és elrendeli az erdők folyamatos megújítását. [Tóth M. 2008]

110 évvel később, 1879-ben kiadták a XXXI. törvénycikket. Hazánkban a mai napig ennek az iratnak a mintájára folyik erdőgazdálkodás. Előírta, hogy az erdők védelme érdekében legyen rendszeres a fakitermelés, becsüljék meg a fatömeget, s újítsák meg a kivágott famennyiséget. A rendtartás érdekében létrehozta az első erdőhivatalt, melynek további feladata, hogy tízévente felújítsa az erdőterületeket ábrázoló térképeket. [Tóth M. 2008]

Ezt követően 1879-ben, 1935-ben, 1961-ben, 1996-ban és 2009-ben adtak ki erdőkre vonatkozó törvénycikkeket. [http://www.nebih.gov.hu/szakteruletek/szakteruletek/erdeszeti_igazgatosag/erdeszet_szakteruletek/erdolatogatoknak/erdeszettortenet] A ma érvényben lévő 2009-es XXXVII. törvény, azaz az erdőtörvény hasonló alapokon nyugszik; részletesen kifejti az erdészetek feladatát, az erdőművelés mikéntjét és a megújítási kötelezettségeket. Célkitűzése: „A fenntartható erdőgazdálkodás során a legfontosabb közérdekű feladat az erdők változatosságának megőrzése, az erdők fenntartása, felújítása és a védelmi, valamint közjóléti szolgáltatások biztosítása, melyek elvégzését az állam megfelelő eszközökkel biztosítja.” [FVM rendelet 2009]

Fontos alapja a körzeti erdőtervezés. Ezek a tervezési egységek körülbelül 10 hektár méretűek, rajtuk a körzeti erdőterv alapján kell eljárni, melyet szakemberek újítanak meg tízévente. Ez állami feladat, a körzeti erdőhatóság készíti el. A tervszerinti gazdálkodás lehetővé teszi, hogy erdőrészlet szinten leltárba vegyük az erdőterületeket. [FVM rendelet 2009]

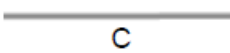
Elengedhetetlen része az erdőtervezésnek a térképi megjelenítés. Az erdőmérnökök is - mint minden mérnök – tervrajzok alapján dolgoznak, melyek szemléltetik a tervezett objektumokat is. Az erdészeti szakembereknek ez a „tervrajz” az üzemtérkép. [Pápai G. 2013]

3.4 Erdészettel kapcsolatos fogalmak

A térképezés teljessé csak akkor válhat, ha megértjük az erdészettel kapcsolatos fogalmakat. Az erdő felosztása során több olyan egységet is megkülönböztetünk, melyet elengedhetetlen az üzemtervi térképen megjeleníteni. Az erdőgazdálkodásban dolgozók már jól ismerik a klasszikus jelkulcsot és a továbbiakban is ilyen ábrázolásmódra számíthatnak. Ez törvényben is szabályozottan megjelenik.

Logikailag a legnagyobb területi egység az erdészeti tervezési körzet. A körzeteket gazdasági és ökológiai szempontok alapján határolja be a Földművelésügyi Minisztérium. A körzeteket egy jóval kisebb egység, az erdőtagok osztják több darabra. Helységhatáronként jelölik ki és arab számmal látják el. Szerepe, hogy az erdőterületet tartós szerkezetbe foglalja az erdőgazdálkodási tevékenység számára. Ettől még kisebb egység az erdőrészlet. Az erdei életközösség és a gazdálkodói tevékenység alapján egységesnek vélt területet képviseli. Betűjelet kap, így egy erdőrészlet helyes meghatározása a helységnév után írt számot követő betű, perjellel elválasztva. [FM rendelet 1996] Erre példa a későbbiekben is vizsgálandó Kup 17/A erdőrészlet.

A mai elvárások szerint egy erdőgazdálkodásra szánt térképen ábrázolni kell az ország- és megyehatárokon kívül a vízrajzi elemeket, közlekedéssel kapcsolatos vonalas elemeket (autópálya, műút, ösvény). Szintvonalakat ugyan nem tartalmaz, de a völgyvonal és a gerincvonal fontos részét képezi a térképnek. Előbbit pontsorral, utóbbit hosszú, szaggatott vonallal ábrázolják mindkét esetben barna színnel. Az erdőtag pontozott vonallal a részlet pedig egyszerű, fekete vonallal jelenik meg a nagy méretarányú térképeken. A pontszerű elemek (2.ábra) közül az erdészet szempontjából fontos objektumok legtöbbször megtartják a bevált EOTR jelkulcsot.

Erdőtag határa (pöttysor)	
Részlet, részletfelirat	
Határoszlop	
Határkő	
Határdomb	
Határdomb oszloppal	
Határdomb kővel	
Lombosfa határdombbal	
Fenyőfa határdombbal	
Forrás	
Vasútállomás	
Híd, felüljáró	
Fél-híd	
Fél-híd hosszabb	
Erdészeti épület	

2.ábra: Részlet az üzemtervi térképek jelkulcsából

4. A TÉRKÉPÉSZET ÉS AZ ERDÉSZET KAPCSOLATA

4.1 Térképezés kezdetei

Az előző fejezetben olvashattunk a korai pusztításokról. Ekkoriban az erdőtervezés teljes hiánya miatt egyedül a korai átnézeti térképeken lehet erdőterületeket megfigyelni, azonban ez nem kifejezetten az erdőkre irányuló, tervezett felmérés terméke. Az első ilyen speciális térkép 1591-ben készült és Miksa király erdőrendtartásával hozható összefüggésbe.

Ahogy a természettudományok az 1800-as évek vége fele fellendültek, egyre több térkép jelent meg a földtudományokban. Az erdőszet is ekkor kezdett kibontakozni. Bedő Albert 1885-ben készített egy átnézeti 1:360000-es méretarányú falitérképet, amely a történelmi Magyarország erdőterületeit mutatja be. [Bedő A. 1885]

A következő mérőföldkö jóval későbbre, 1935-re datálható. Az első alkalom, hogy törvényben rögzítve kötelezték az erdőbirtokosokat tulajdonuk kataszteri térképezésére. Ekkor még csak a nagyobb, összefüggő területekre vonatkozott a jogszabály, de később ez már általánosan kiterjedt minden erdőre és fásításra is. [Szabó Gy. 2010]

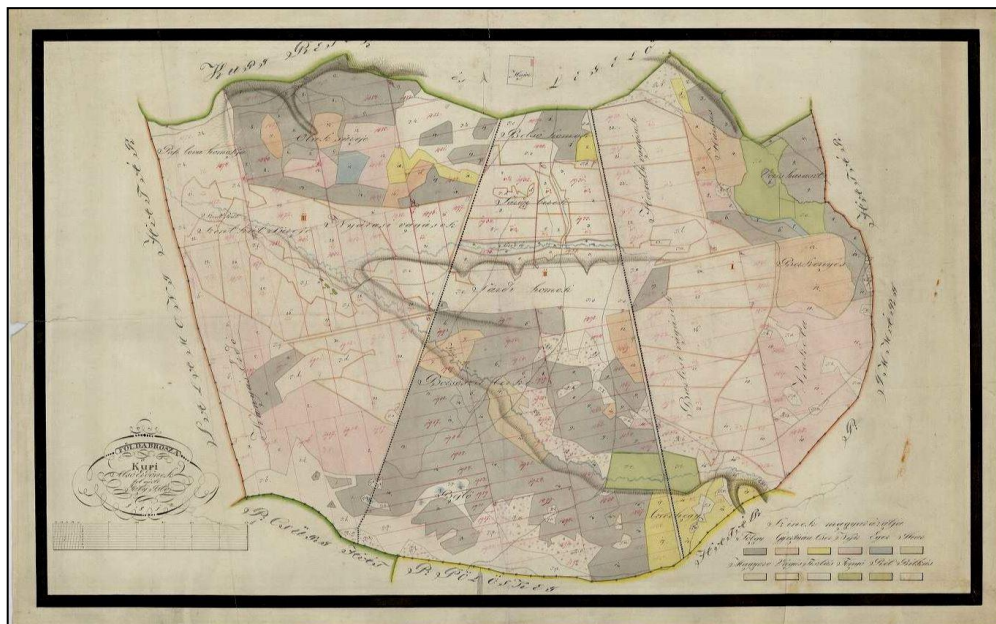
A következőkben az erdőterületekkel kapcsolatos térképek fejlődését mutatom be a kupi erdőtömbön keresztül az első katonai felméréstől egészen a mai, modern megoldásokig. Ahol lehetséges, nagyítva kiemelem a Kup 17/A erdőrészletet, hogy a kisebb térképi elemek is jól átláthatóak legyenek. A terület állami tulajdon, kezelője a Bakonyerdő Zrt-n belül a Pápai-Erdészeti. Ez az erdőrészlet 10,79 hektáron fekszik és kocsányos tölgyek, gyertyánok, csertölgyek, erdeifenyők, kislevelű hársak és magas körisek borítják.

Az első katonai felmérés során az erdőterületeket jellemzően felületszínezéssel jelölték a körbejárás után. Az utólagos színezés segített elkülöníteni egymástól a tisztást, a legelőket és az erdőt. A növénytakaró alatti domborzatot csíkozásos módszerrel ábrázolták. Az erdő borította területet főként hadászati szempontból volt érdemes megjeleníteni.

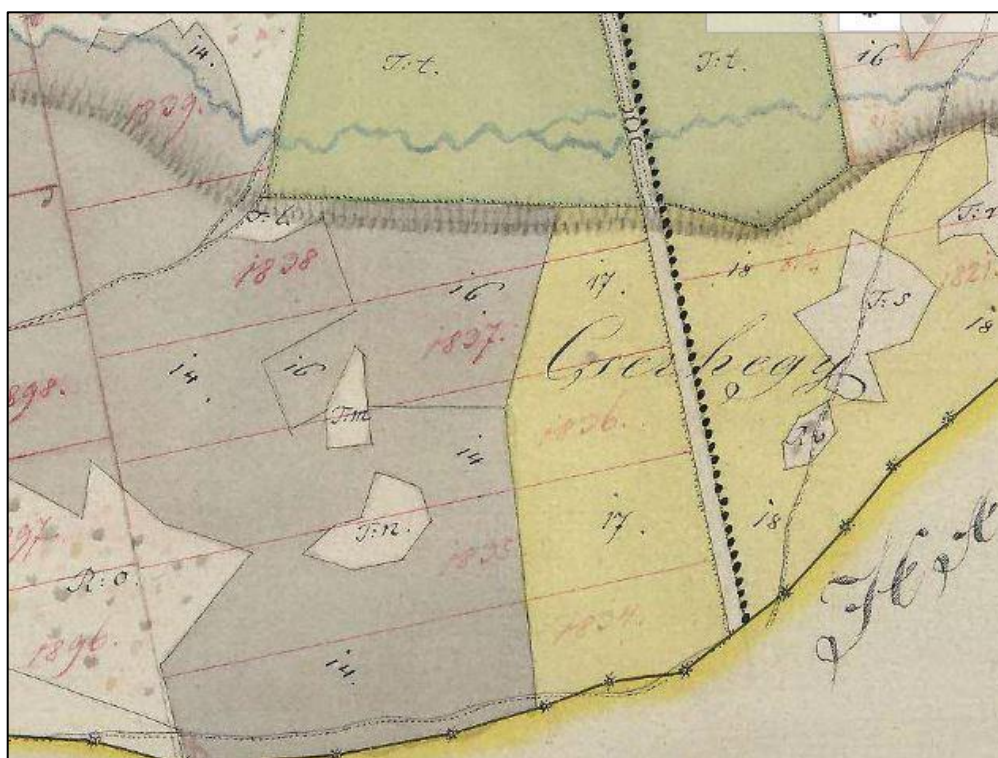
A második katonai felmérés erdőszeti szemmel nem sokban tér el az elsőtől. Itt már gazdagabb a névrajz, és a csíkozás is sűrűbb, így a domborzati viszonyok pontosabban kirajzolódnak. Az erdők lehatárolása is részletesebbé vált.

Kifejezetten erdőgazdálkodást segítő térképeket később készítettek egyedi igényeknek megfelelően. 1812-ben kiadták a „Földabrosza a Kupi Alsó Erdőnek” című, 1:7300-as méretarányú térképművet (3.ábra). E tematikus térkép sajátossága, hogy különböző színekkel jelöli a bizonyos területeken uralkodó fafajokat az erdőtagokban. A jelmagyarázat tartalmazza a térképen használt színeket és a hozzájuk tartozó fafajok

megnevezéseit. Érdekessége, hogy a ma is használatos jelkulcsi elemeket alkalmazza. Az erdőtagokat pontozott vonallal választja el egymástól és az erdőtagok számozása is megegyezik a maival (4.ábra).



3. ábra: Földabrosza a Kupi Alsó Erdőnek 1812-ből



4.ábra: Közelebbi kivágat az 1812-es térképről

Érdemes megfigyelni, hogy ezen a térképen nincsenek feltüntetve az erdőrésztetek, hanem inkább a fafaj szerinti tematikát emelték ki, az erdőrészteteket elhagyták az áttekinthetőség miatt. [Gáty I. 1812]

4.2 Erdészeti térképek a közelmúltban

Az üzemtervi térképek első egységesített formáját az 1920-as 14500. F. M. sz. erdőrendezési rendelet határozta meg. Ezek után már minden üzemtervi térkép a ma is ismert formáját tartotta meg. [Szilas G. 1983]

A 20. század folyamán elkészültek az ország teljes területére az erdészeti üzemtervi térképek. Alaptérképe 1:10000-es méretarányú. A felméréskor hivatalos vetületi rendszerhez igazodva, ezek a térképek sztereografikus vetületben készültek. A vetület középpontja a Gellért-hegyen található és alapfelülete a Walbeck-féle ellipszoid. A Bessel ellipszoidon ez pontosan a $47^{\circ} 29' 14,97''$, $36^{\circ} 42' 51,69''$ koordinátapár, akkoriban még Ferrótól számolva.

Ebben az időben tipikusan három fajta – az erdészetben használatos – térképet készítettek. Méretarányuk szerint megkülönböztetve ezek az átnézeti, az üzemtervi és az alapi térképek voltak. [Szabó Gy. 2010]

Átnézeti térkép alatt az erdészetben az 50000-es méretarányú szelvényeket értjük. Tervezési szempontból fontos szerepet töltenek be, mivel a szomszédos területek is jól elkülönülnek rajta.

Az üzemtervi térkép tipikusan kis méretarányú, általában 1:10000-es vagy 1:20000-es lehet. Ez a legfontosabb terméke az erdészeti térképeknek, hiszen a szakemberek ennek másolatát viszik magukkal a terepre is. Bármilyen terepi erdészeti tevékenység jegyzőkönyvéhez hozzátartozik a térképmelléklet.



5. ábra: Részlet egy üzemtervi térképről az 1970-es évekből



6. ábra: Kivágat az 1970-es üzemtervi térképről

Ahogy az 5.ábrán látható, ez egy speciális térképmű. Nem tartalmaz domborzati információkat, kifejezetten az erdőtervezésben lényeges adatokat (6.ábra) ábrázoltak rajta. Ezt a formát a térképek a mai napig megtartották.

4.3 Erdészeti térképek manapság

A 88/2000 (XI. 10.) „Az erdőrendezési szabályzatról” című jelenleg is hatályos rendelet írja elő az egyes térképek kötelező elemeit. Mivel kötelező állami alapadatokat használni, így az erdészeti felmérő tevékenység is állami feladat, amelyet be kell jelenteni a megyei földhivatalnál.

Négy térkép elkészítése az előírt. Erdészeti üzemi, azaz alaptérkép, erdőtervi térkép, üzemtervi térkép, utoljára pedig az átnézeti térkép. Az alaptérkép 1:10000-es, az erdőtervi térkép 1:10000-es, vagy 1:20000-es méretarányú, melynek adattartalma megegyezik az alaptérképével. Az átnézeti térképek ezen művek kicsinyített és generalizált változatai. Szabályos vetületi rendszerük még mindig a budapesti sztereografikus, mely kezdőpontja a Gellért-hegy felsőrendű háromszögelési pontja. Az X tengely koordinátái déli irányba növekednek és pozitívak, az Y tengelyé nyugati irányba nőnek és mindig pozitívak. Koordinátái még a bécsi mértékegységrendszerhez igazodva X irányban 3200 öl, Y irányban 4000 öl egész többszörösei.

A rendelet azonban rögzíti az Egységes Országos Vetület (EOV) használatát a digitális rendszerekben és az újonnan készülő üzemtervi térképeken. A modern korral járt, hogy minden térképművet szépen lassan elkezdtek digitalizálni, így volt ez az erdészeti üzemtervi térképekkel is, melyeket az 1990-es évek végén digitális formára hoztak.

Az elektronikus formában is létező térképszelvények nagy előnye az, hogy könnyedén sokszorosíthatók, így az időtállóságuk is garantált. Az állami erdészetekben szereplő szakemberek közül tehát már nem csak az erdőmérnökök juthattak térképekhez, hanem szélesebb körökben alkalmazhatták azokat. Az idők folyamán megjelentek különböző informatikai rendszerek. Az egyes feladatokhoz azonban nem volt elég egyetlen szoftver, az eltérő szakmai tevékenységhez más és más szoftvert használhattak a szakemberek.

4.4 Digitális erdészeti térképek és rendszerek

A digitalizált térképek akkor igazán hasznosak, ha van egy átfogó rendszer, amelybe beágyazva segíthetik az erdőmérnökök tervezői munkáit, s modern alapokat nyújthatnak az erdőnyilvántartásnak. Mérőföldkö volt a tudomány területén, mikor megjelent az első összefoglaló szakmai rendszer, mely már a vektorizált térképet tartalmazta. Ez alatt a valóban átrajzolt digitális térképeket értem, amely megjelenésén kívül képes egyéb adatokat is tárolni, ellentétben a szkennelt, azaz raszteres térképekkel.

Előnye még a vektorizált térképeknek, hogy az adatokat tetszőleges stílusban jeleníthetjük meg. Rétegre rendezve ki-és bekapcsolhatjuk őket, valamint mögé vetíthetünk bármilyen értékes információt tartalmazó réteget, például ortofotót (7.ábra). Itt össze is hasonlíthatjuk a valósággal a térképet. Látható módon a taghatárok, a valóságban is elkülönülnek. A Kup 17/A erdőrészlet fái például megfelelően zárt lombozatúak, míg a 16/A-ben és A2-ben találhatóak nyitottabb lombkoronával rendelkeznek.

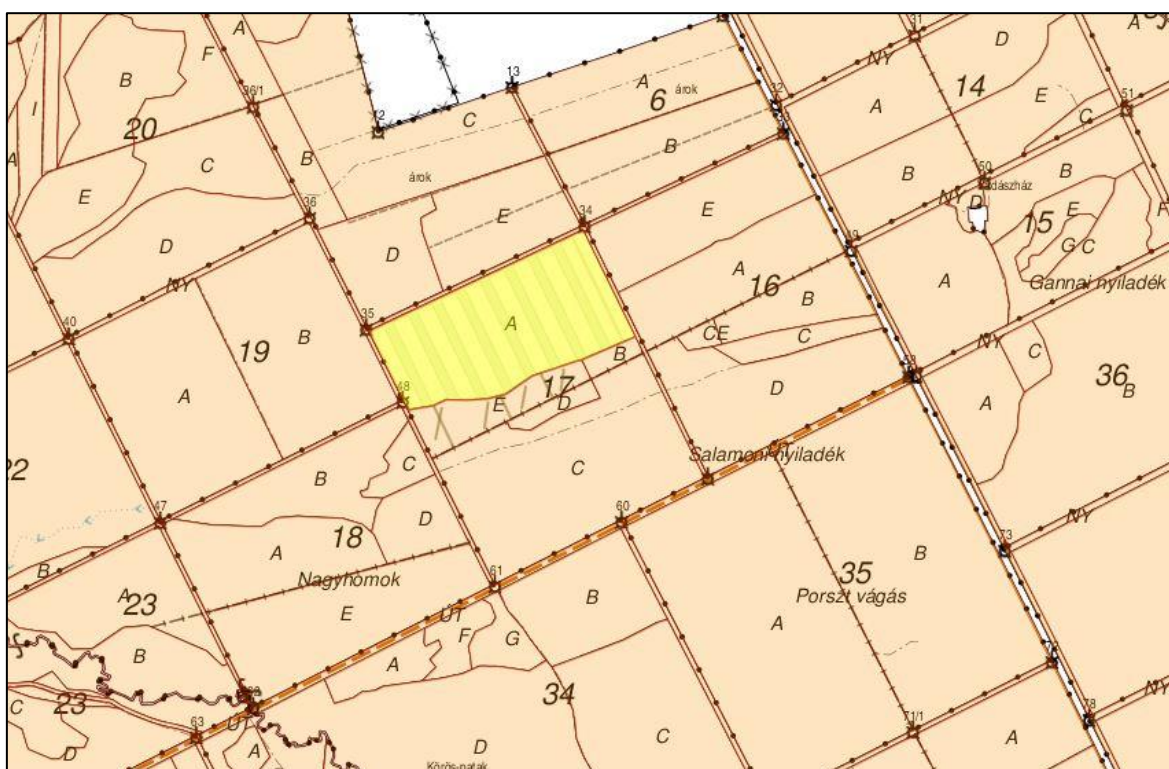


7.ábra: Kup 17/A erdőrészlet FÖMI ortofotóval a háttérben.

Az összes egyedi rendszert váltotta le a ma is használatban lévő ESZR (Erdészeti Szakmai Rendszer). Ez a rendszer egy szoftverben kínál megoldást az erdő- és vadgazdálkodás széleskörű feladatainak. Jelenleg a 22 állami erdőgazdálkodás közül 20-nál már ezt a rendszert használják. Két erdőgazdálkodással pedig ma is folynak a tárgyalások.

Az adatok nyilvántartását az állam végzi el, így a NÉBIH Erdészeti Igazgatóságától érkeznek. Ez a feladat a Nyilvántartási és Térképészeti Osztályhoz tartozik és az adattartalom évente frissül. A NÉBIH további kötelességei közé tartozik az erdőterv adatait, például erdőrészeket azonosítóját, természetességi állapotát, üzemmódját nyomon követni. A nyilvántartási feladatot a NÉBIH az ESZR nevű programmal végzi. Az Országos Erdőállomány Adattárat is ennek a közreműködésével végzik. [http://portal.nebih.gov.hu/erdeszeti-igazgatosag]

Az ESZR nem csak nyilvántartja a beérkezett adatokat, hanem össze is kapcsolja a térképpel. Ugyanis minden leíróadathoz tartozik egy közvetlenül hozzárendelt üzemtervi térkép (8.ábra). Ez azt jelenti az erdészek számára, hogy a keresett erdőrészlet leírólapját megtalálva, azonnal a hozzá tartozó térkép jeleníthető meg. Fordítva is igaz, tehát a térképet böngészve és a keresett erdőrészletet megtalálva is hozzájuthatunk az adott részlet leíróadataihoz. [Naviscon 2015]



8.ábra: Képernyőkép az ESZR térképéről a Kup 17/A erdőrészletet kijelölve

A program technikai háttéréből két dolgot fontos kiemelni térképész szemmel. A térkép megjelenítéséért az OpenLayers függvénykönyvtár felelős. Ez egy nyílt forráskódú, ingyenesen elérhető JavaScript programozási nyelven megírt függvénycsomag. Feladata, hogy térképeket jelenítsen meg weblapokon. A fejlesztői körökben igen kedvelt, hiszen

számos funkciót már előre tartalmaz a csomag és alapfeladatok esetén rengeteg munkát megspórol a programozóknak. [<http://mercator.elte.hu/~saman/hu/okt/ol/>]

Klasszikus megoldás a WMS (Web Map Service) protokollon keresztül biztosított térkép betöltése. Bármilyen szolgáltatótól származó, szabványos WMS-t megjeleníthet, így akár több, egymástól teljesen független térképet is tartalmazhat. Az így szolgáltatott térkép vektoros állományokból képdarabokat, azaz csempéket állít elő az ezt megelőző beállítások szerint. [de la Beaujardiere, J. 2006]

Önmagában az OpenLayers nem képes csempéket előállítani, csak megjeleníteni. Ezért van szükség egy olyan térképszerverre, ami WMS-t is szolgáltathat. Ilyen például az ESZR által használt GeoServer, amely szintén egy ingyenesen elérhető Java nyelven írt program. Forráskódja is nyílt, így alapul szolgálhat további fejlesztéseknek. Felhasználói táborra meglehetősen nagy, és folyamatosan növekszik. Segítségével összeállíthatunk térképeket, melyet publikálhatunk a világ felé. Akár szabványos ESRI Shape fájlról van szó, akár adatbázisból érkező téradatról, a szerver mindkét esetben képes térképek előállítására. Emellett lehetőség nyílik a rétegek rendezésére és különböző stílusban való megjelenítésére egyaránt.

Minél több felhasználó tekinti meg egyszerre a térképet, annál nagyobb erőforrást igényel a szerver. A teljesítményigény függ a rétegek elemszámától, de még az egyes elemek töréspontjainak számától is. Javítható a sebesség és az áttekinthetőség, ha kis méretarány esetén nem jelenik meg túl sok információ.

Ezen két program segítségével összeáll a rétegekből az üzemtervi térkép és láthatóvá válik a felhasználók monitorján. Ez a megjelenítés viszont lényegében csak kép, ahhoz, hogy műveleteket tudjunk végrehajtani az egyes elemekkel, már egy másik protokollt, a WFS-t (Web Feature Service) kell alkalmazni. Ez esetben nem csak a csempéket kapjuk vissza a szervertől, hanem az elem pontjainak koordinátáit is. Ilyenkor már a felhasználói oldalon történik a számítás és a megjelenést is itt tudjuk szabályozni. Lehetővé válik, hogy egy réteg elemeit kattintással kiválasszuk és információkat tudjunk meg róla (8.ábra). A térképi funkciókon kívül (távolságmérés, területmérés, új elemek rajzolása) a rendszer egyéb feladatokra is alkalmas.

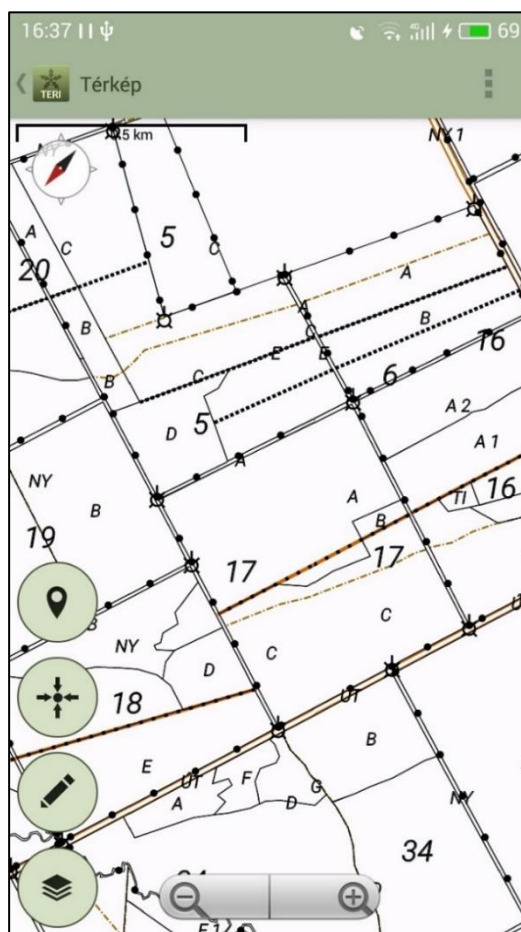
4.5 Erdészeti térképek a mobil eszközökön

A gyártási eljárások fejlődésével egyre kisebb méretűre sikerül zsúfolniuk a kutatóknak az egyre nagyobb teljesítményű alkatrészeket. Ezáltal példátlan ütemben

gyarapodik a mobil eszközök funkcióinak listája, illetve piaca. A készülékek már olyan adottságokkal rendelkeznek, melyeknek köszönhetően felhasználásuk lehetősége végtelen. Az erdészetben belül is megjelent az igény, hogy legyen egy terepen is használható, de az asztali alkalmazással összekötötetésben lévő, csökkentett funkciókörrel rendelkező mobilos alkalmazás. [Naviscon 2015]

Erre a célra a TERI (Terepi Erdészeti Információs Rendszer) nevű, Android mobil operációs rendszerre írt programot használják. Első fontos funkciója, hogy segítségével az erdészek „magukkal vihetik” a hatásköreikbe tartozó erdőrészlet leírólapjait, nem kell tehát nyomtatott, sérülékeny papírra alapozni a munkájukat. Minden leírólap megtalálható a készüléken. Az adatokat felhasználóhoz rendelve letölthetik, és internetkapcsolat nélkül később bárhol megtekinthetik. A leírólapok mellett a TERI tartalmazza az üzemtervi térképet is minden erdőgazdaság számára. [Naviscon 2015]

Maga a térkép is működőképes internetes kapcsolat nélkül. Hogy ezt elérjük, a mobilkészüléken egy speciálisan erre a célra legyártott vektoros térképet kell tárolni. A vektoros formátumok előnyét kihasználva ez az állomány is tömör.



9. ábra: Képernyőkép a TERI-ről (Meizu M2 készüléken)

Egy egész erdőgazdaság (pl.: Bakonyerdő) üzementervi térképe (9.ábra) 30-40 MB-ba sűrűsödik, annak ellenére, hogy a megjelenítés nem csökkentett adattartalmú. A térképet egy Osmosis nevű, ingyenesen elérhető program segítségével állítják elő. Szükséges hozzá a Map-Writer nevű bővítmény, ami elkészíti ezt a formátumot. Az Osmosis alapvető célja az Open Street Map formátumú adatokkal való alapfeladatok ellátása. Ahhoz, hogy a program értelmezni tudja az adatokat, az adatbázisban tárolt információkból speciális OSM XML-t kell készíteni. A formátum egy olyan szövegfájl, ami saját szabályok szerint épül fel, így a megfelelő SQL lekérdezésekkel előállítható. A folyamat végén az Osmosis egy MAP kiterjesztésű formátumot állít elő. A formátum vektoros, tehát a megjelenítéséhez a TERI-nek szüksége van egy stílusleíró fájlra. Ebben lehet definiálni, hogy az egyes pontok, vonalak és poligonok miként jelenjenek meg. Ez egyelőre az alkalmazás részeként beépített, de a hosszútávú tervek között szerepel, hogy esetlegesen cserélhető legyen. [Szűcs et al. 2017]

A mobiltelefonok előnye, hogy a manapság kapható eszközök közül a legtöbb beépített GPS vevővel felszerelt. Az okostelefonok mérési pontossága egyre megbízhatóbb, azonban elmaradnak a profi antennák képességeitől. Tájékozódásra és nagy pontosságot nem igénylő mérések végzésére viszont alkalmasak, hiszen az eszköz pozíciója folyamatosan ismert. Nyomon követhető, hogy a szakember éppen melyik erdőrészleten tartózkodik, illetve milyen objektumok találhatóak meg körülötte.

Pontot tűzhetünk ki, vonalat és poligont mérhetünk fel körüljárással. Amint az eszköz újra internetelérhetőség közelébe kerül, a mért adatokat minden erdész a saját regisztrált profiljával feltöltheti az ESZR szerverére, így névre szóló bejegyzések keletkeznek. Feltöltés után az adatok látszódnak a rendszerben, de akár ki is menthetők a programból Shape formátumban. [Naviscon 2015]

5. ÖSSZEGZÉS

Dolgozatomban az erdészet térképészettel való kapcsolatával foglalkoztam, különös tekintettel a műholdas technika alkalmazására. A történeti áttekintést olvasva látható, hogy hamar megmutatkozott az igény a térképekre az erdészeti tevékenységek során is. A vizuális megjelenés a tervezésben, a gondozásban és a megújításban is segítséget nyújtott. Az erdészek rendkívül jól ismerik az általuk gondozott területet. Mélyebb ismeretek megszerzésére régen csak a megfigyelés és a megtapasztalás adott lehetőséget. Később egyre finomabb műszerekkel számszerűsítették a látottakat, ami közelebb hozta az erdészet tudományát a hatékonyabb megoldások kereséséhez. Az erdő ökoszisztémájának megértéséhez érdemes távolról is megfigyelni a vegetáció reakcióit a különböző hatásokra. A műholdak kézenfekvő megoldást jelentenek nagy területek elemzésére. Olyan szemszögből vizsgálhatjuk ezt az életközösséget, amelyből eddig még soha.

Ezek kiértékelésében nyújtanak segítséget a tematikus térképek. Megfelelő elkészítésükkel hozzájárulhatunk, hogy az erdőterületeket az illő eljárással gondozzák. A tudomány sokszínűségét mutatja, hogy a kartográfiának ezen a területen is nagy szerep jut. A kész térképeket a szakemberek napi rendszerességgel használják és egyre többet digitális változatban.

Véleményem szerint egyre nagyobb szerepet fognak betölteni a digitális térképek ezen a területen. Főleg a mobil eszközök körében várható fejlődés. Ezt bizonyítja, hogy a TERI mára több, mint 1000 letöltőt tudhat magáénak a Google alkalmazásbolt jelenlegi statisztikája szerint. További feladatok várnak a fejlesztőkre, hogy az újabb verziójú operációs rendszereken is zökkenőmentesen működjenek az alkalmazás funkciói.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondok témavezetőmnek, Dr. Kovács Bélának, aki hasznos tanácsokkal látott el. Sápi Adriennek, aki türelmével és segítségével otthonos körülményeket biztosított a dolgozat készülésének idején. Megköszönném továbbá családom és barátaim támogatását. A Bakonyerdő Zrt. munkatársainak is hálával tartozom szakmai tanácsaikért és a Kup erdőtömről szóló térképeikért.

7. HIVATKOZÁSOK

Irodalomjegyzék:

Ádám J. – Bányai L. – Borza T. – Busics Gy. – Kenyeres A. – Krauter A. – Takács B. 2004.: Műholdas helymeghatározás, Műegyetemi Kiadó

Bartha D. – Orosz S. 1995.: Magyar erdők. In: Járainé Dr. Komlódi M. (főszerk.): Pannon Enciklopédia-Magyarország növényvilága, Dunakanyar 2000 Könyvkiadó, pp.222.

Baschkova, S. (szerk.) 2007.: Information Satellite Systems- GLONASS is the national pride of Russia, FSUE “Academician M. Reshetnev Research & Production association of applied mechanics”, Reshetnev Company

Bedő A. 1885.: A Magyar Állam összes erdőségeinek átnézeti térképe az egyes községek határában uralkodó főfaját kitüntetésével, Magyar Királyság Földművelési Minisztériuma, Magyar Nemzeti Levéltár Magyar Országos Levéltára, Hungaricana honlapja
<https://maps.hungaricana.hu/hu/MOLTerkeptar/10046/> utolsó elérés: 2017.05.10. 17:32

Bérczes Gy. – Erostyák J. – Klebniczki J. – Litz J. – Pintér F. – Raics P. – Skrapits L. – Sükösd Cs. – Tasnádi P. 2003.: A fizika alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, pp.199-200.

Burica, A. J. 1997.: Beyond the ionosphere: fifty years of satellite communication, National Aeronautics and Space Administration, NASA History Office

Busics Gy. 2010.: Műholdas helymeghatározás 7. - Aktív GNSS hálózatok és szolgáltatásaik, Nyugat-magyarországi Egyetem, Digitális Tankönyvtár

de la Beaujardiere, J. 2006.: OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, Open Geospatial Consortium Inc. pp.6.

FM rendelet 1996.: Az erdőről és az erdő védelméről szóló 1996. évi LIV. törvény- Magyar Közlöny 1996. 53.sz.
(szakdolgozatomban „FM rendelet 1996” néven hivatkozom rá)

Führer E. - Rédei K. - Szendrei L. 2008.: Erdő- és vadgazdálkodás. Egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetemi Kiadó, pp.2-4.

FVM rendelet 2009.: Az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény- Magyar Közlöny 2009. 71.sz.
(a szakdolgozatomban „FVM rendelet 2009” néven hivatkozom rá)

Klinghammer I. – Papp-Váry Á. 1983.: Földünk tükre a térkép, Gondolat Könyvkiadó pp.167.

Kovácssevi P. (szerk.) 2014.: Magyar erdők – A magyar erdőgazdálkodás, Vidékfejlesztési Minisztérium és NÉBIH Erdészeti Igazgatóság, ISBN szám: 978-963-89968-0-0 pp.19-27.

Központi Statisztikai Hivatal 2013.: Az erdőgazdálkodás jellemzői, Statisztikai Tükör 7.évf. 95.sz. pp.1. (szakdolgozatomban „KSH” néven hivatkozom rá)

McLaughlin Green, C. – Lomansk, M. 1970. : Vanguard: A History
<https://history.nasa.gov/SP-4202/cover.htm> utolsó elérés: 2017.04.28. 10:29

Medzihradszky Zs. 1996.: A magyarországi erdők rövid története, Földrajzi közlemények, 120. k. 2-3. sz. pp.181-186.

Naviscon 2015.: Erdészeti Szakmai Rendszer (ESZR) kézikönyv, Naviscon Zrt. által készített program kézikönyve

Pápai G. 2013.: Erdőgazdálkodás, Mezőgazda Kiadó pp.56-58.

Polischuk, G. M. – Kozlov, V. I. – Ilitchov, V. V. – Bartenev, V. A. – Kossenko, V. E. – Anphimov, N. A. – Revnivikh, S. G. – Pisarev, S. B. – Tyulyakov, A. E. – Vorokhovsky, Y. L. 2002.: The Global Navigation Satellite System Glonass: Development and Usage in the 21st Century, In: 34th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Meeting

Stansell, T. A. 1983.: The Transit: Navigation Satellite System, Magnavox Government and Industrial Electronicscompany 1978, pp.5.

Szabó Gy. 2010.: Föld- és területrendezés 14. – Erdőrendezés, erdőtervezés, erdőterképezés, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Digitális Tankönyvtár

Szilas G. 1983: Az erdészeti üzemi térképekről, Az erdő - Erdészeti Lapok, az Országos Erdészeti Egyesület kiadványa, 32. (118.) évf. 10. sz. pp.466.

Szücs K. – Cseh-Szombathy P. – Torma V. – Szlovák G. – Déri F. 2017.: Térinformatikai adatáramlás egy erdészeti szakrendszerben, In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII., a Debrecenben megrendezett Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás előadásait tartalmazó kötet, Debreceni Egyetemi Kiadó, várható megjelenés: 2017 májusa

Tóth M. 2008.: A fáknak és erdőknek neveléséről és megtartásáról való rendelkezés Pozsonyban nyomtatott és találtatik L.J. Mihálynál 1770. Szakdolgozat, NymE Savaria Egyetemi Központ, pp.65

Trimble Navigation Limited 2007.: AgGPS RTK Base 450/900 GPS Receiver User guide
https://www.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/fre2014/Information/AgGPSRTKBase3.30AUserGuideENG_1_.pdf utolsó elérés: 2017.05.10. 15:32 (Szakdolgozatomban „Trimble” néven hivatkozom rá)

Internetes hivatkozások:

BBC News: One-Minute World News – China joins EU’s satellite network, 2003.09.19.
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/3121682.stm> utolsó elérés: 2017.05.10. 11:45

Copernicus Programme honlapja: CORINE Land Cover
<http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> utolsó elérés: 2017.04.28. 12:13

ELTE Térképtudományi- és Geoinformatikai Tanszék honlapja: Az OpenLayers API alapjai
<http://mercator.elte.hu/~saman/hu/okt/ol/> utolsó elérés: 2017.05.02. 12:53

European Commission: The history of Galileo
https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history_en utolsó elérés: 2017.05.10. 11:48

European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites: Meteosat Second Generation (MSG) provides images of the full Earth disc, and data for weather forecasts
<http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html>
utolsó elérés: 2017.04.28. 11:29

Gáty I. 1812.: Földabrosza a Kupi Alsó Erdőnek, Magyar Királyság Földművelési Minisztériuma, Magyar Nemzeti Levéltár Magyar Országos Levéltára, Hungaricana honlapja
<https://maps.hungaricana.hu/hu/MOLTerkeptar/8792/?list=eyJmaWx0ZXJzIjogeyJEQVRBQkFTRSI6IFsiTUFQUyJdfSwgInF1ZXJ5IjogImZcdTAwZjZsZGFicm9zemEifQ> utolsó elérés: 2017.05.10 17:34

Information and analysis center for positioning, navigation and timing: GLONASS constellation status
<https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/> utolsó elérés: 2017.05.09. 22:44

John Deere vállalat honlapja: Integrated AutoTrac System
https://www.deere.com/en_INT/products/equipment/agricultural_management_solutions/guidance_and_machine_control/autotrac/autotrac.page utolsó elérés: 2017.05.10. 15:41

NASA Landsat Science honlapja: Landsat 1
<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-1-2/> utolsó elérés: 2017.04.28. 11:59

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal honlapja: Erdészeti Igazgatóság
<http://portal.nebih.gov.hu/erdeszeti-igazgatosag> utolsó elérés: 2017.05.02. 12:37

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal honlapja: Hogyan jöttek létre erdeink
http://www.nebih.gov.hu/szakteruletek/szakteruletek/erdeszeti_igazgatosag/erdeszeti_szakteruletek/erdolatogatoknak/erdeszettortenet utolsó elérés: 2017.04.28. 14:30

Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics: Space Segment
<http://www.gps.gov/systems/gps/space/> utolsó elérés: 2017.05.09. 14:17

Országos Meteorológiai Szolgálat honlapja: Műholdadatok meteorológiai alkalmazása
<http://www.met.hu/omsz/tevekenysegek/muholdmeteorologia/#> utolsó elérés: 2017.04.28.
10:09

Ábrajegyzék:

1.ábra: Saját térképvázlat a Corine adatbázis alapján.

Térképi alapadat: Open Street Map. Növényfedettségi adatbázis (CORINE):

<https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

2.ábra: Részlet az üzemtervi térképek jelkulcsából.

Naviscon 2015.: Erdészeti Szakmai Rendszer (ESZR) kézikönyv melléklete, Naviscon Zrt. által készített program kézikönyvéhez.

3.ábra: Földabrosza a Kupi Alsó Erdőnek 1812-ből.

Hungaricana közgyűjteményi portál.

<https://maps.hungaricana.hu/hu/MOLTerkeptar/8792/view/?bbox=-3639%2C-7208%2C14739%2C218>

4.ábra: Közelebbi kivágat az 1812-es térképről.

5.ábra: Részlet egy üzemtervi térképről az 1970-es évekből.

Bakonyerdő Zrt. térképtárából származó térképmű fénymásolata.

6.ábra: Kivágat az 1970-es üzemtervi térképről.

7.ábra: Kup 17/A erdőrészlet FÖMI ortofotóval a háttérben.

Képernyőkép az Erdészeti Szakmai Rendszerből. A Bakonyerdő Zrt erdészeti adataival 2005-ös ortofotón megjelenítve.

8.ábra: Képernyőkép az ESZR térképéről a Kup 17/A erdőrészletet kijelölve.

Képernyőkép az Erdészeti Szakmai Rendszerből a Bakonyerdő Zrt erdészeti adataival.

9.ábra: Képernyőkép a TERI-ről (Meizu M2 készüléken).

Képernyőkép a Naviscon Zrt. által készített alkalmazásról, a TERI-ről.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=hu.naviscon.teri>

Mellékletek:

DVD melléklet: Megtalálható rajta a dolgozat elektronikus formában, PDF formátumban.

8. NYILATKOZAT

Alulírott, Szlovák Gergely nyilatkozom, hogy jelen szakdolgozatom teljes egészében saját, önálló szellemi termékem. A szakdolgozatot sem részben, sem egészében semmilyen más felsőfokú oktatási vagy egyéb intézménybe nem nyújtottam be. A szakdolgozatomban felhasznált, szerzői joggal védett anyagokra vonatkozó engedély a mellékletben megtalálható.

A témavezető által benyújtásra elfogadott szakdolgozat PDF formátumban való elektronikus publikálásához a tanszéki honlapon

HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

Budapest, 2017. május 15.

.....
a hallgató aláírása