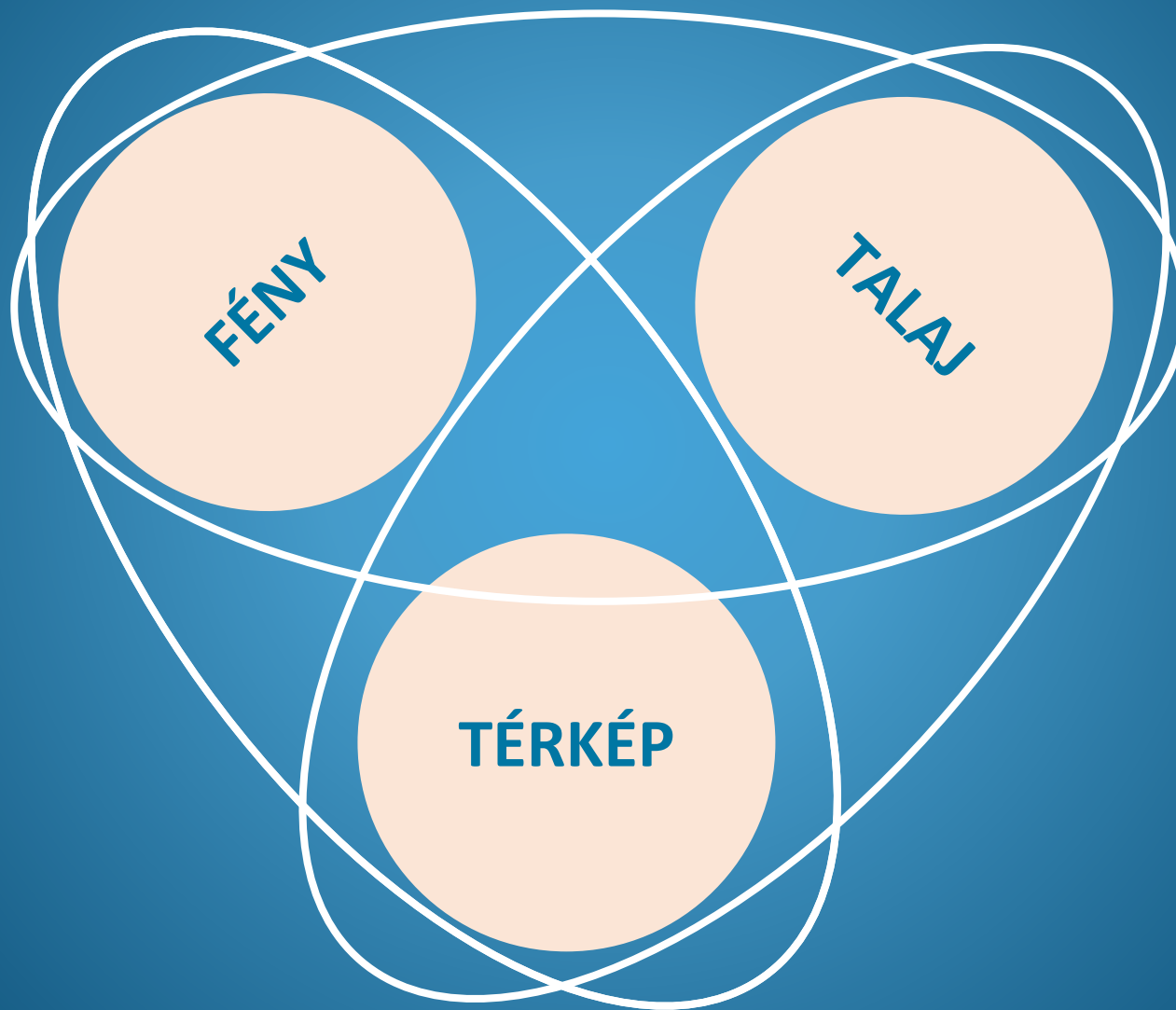


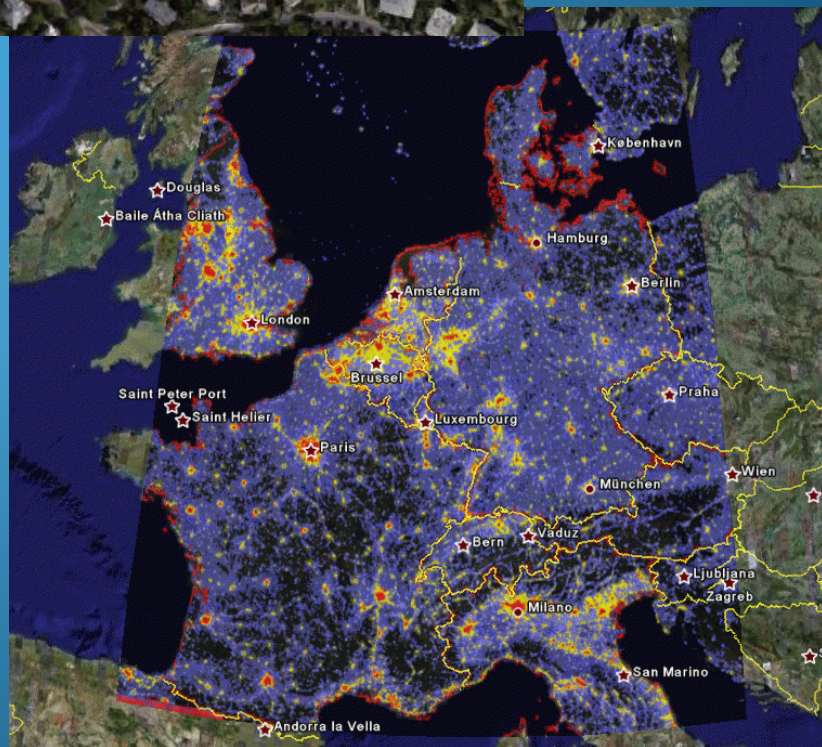
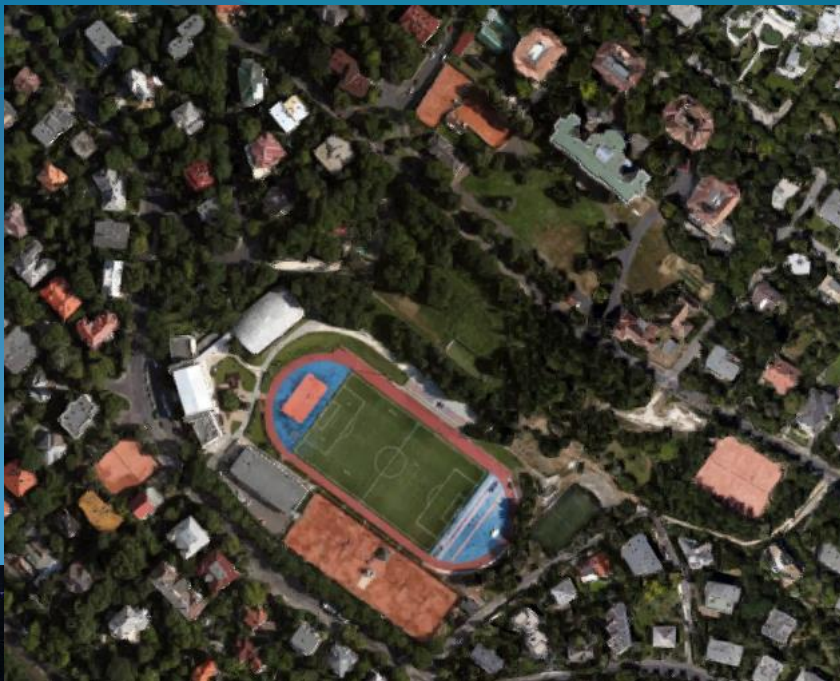
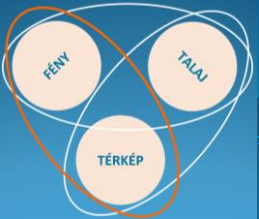
*Árvai Mátyás, Csáfordi Péter, Gedeon Csongor, Koós Sándor,
Mészáros János, Pásztor László, Tóth Tibor*

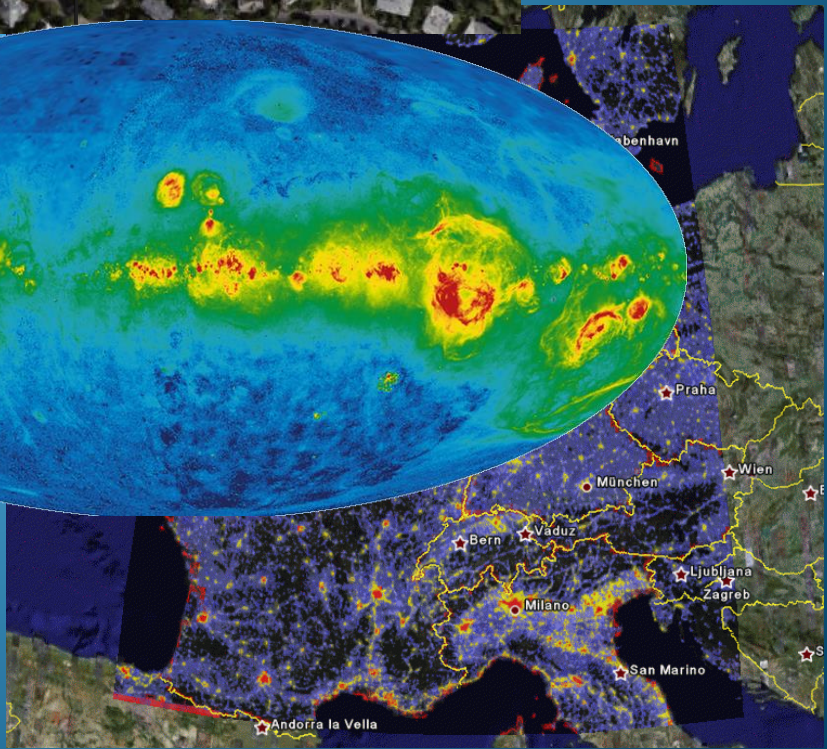
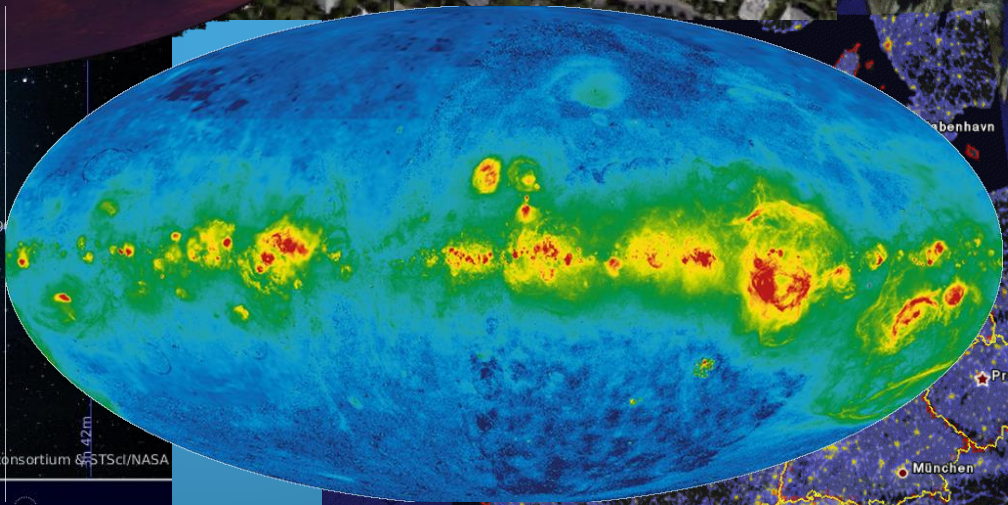
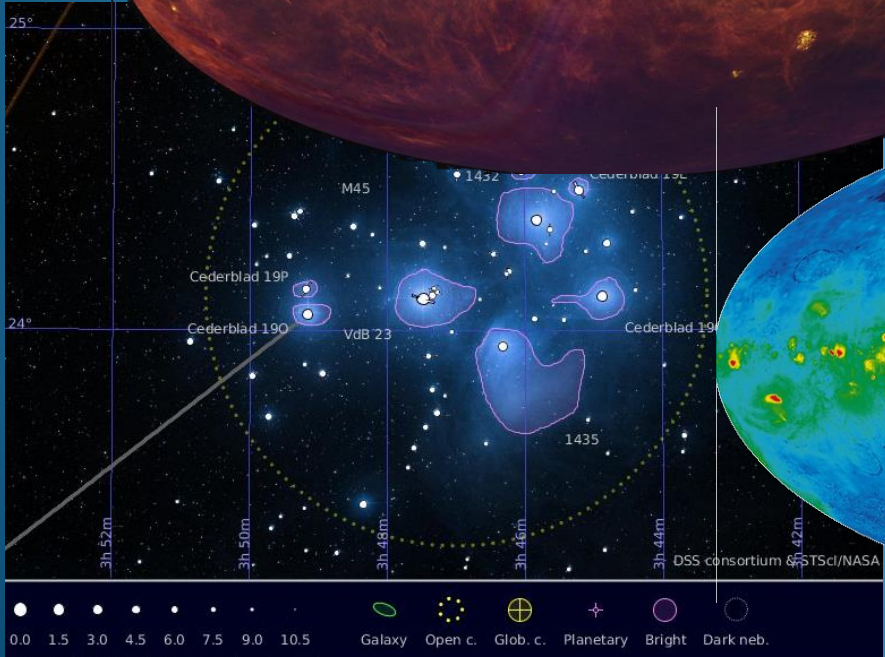
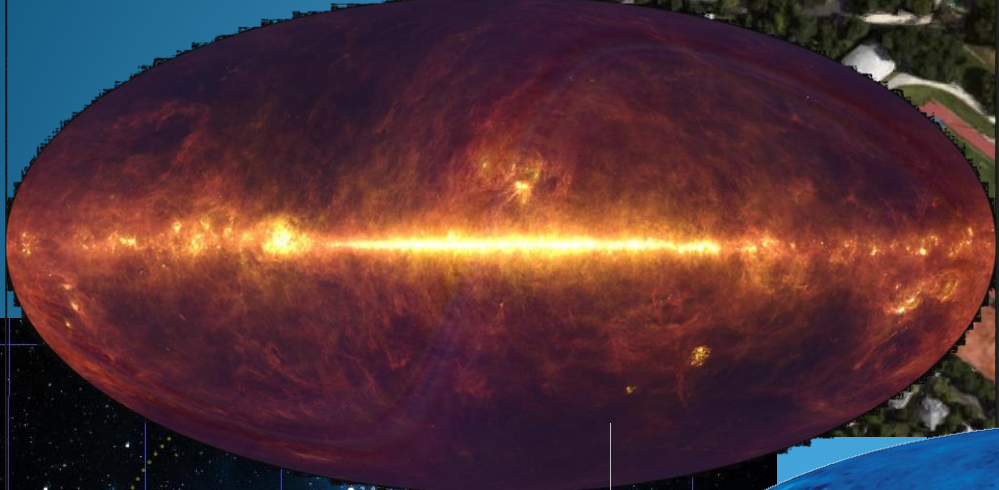
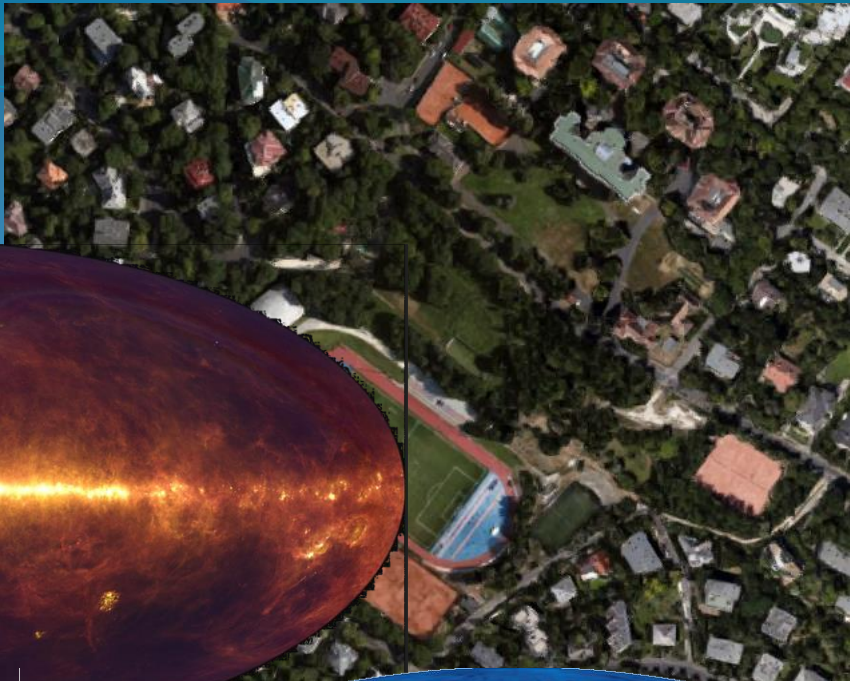
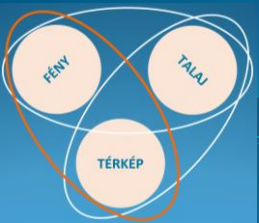
***Proximal Soil Sensing eszközök a TAKI-ban;
lehetőségek bemutatása, igények felkeltése,
már meglevők ütemezésének egyeztetése***

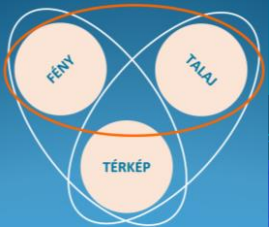
Talajtérképezési és Környezetinformatikai Osztály

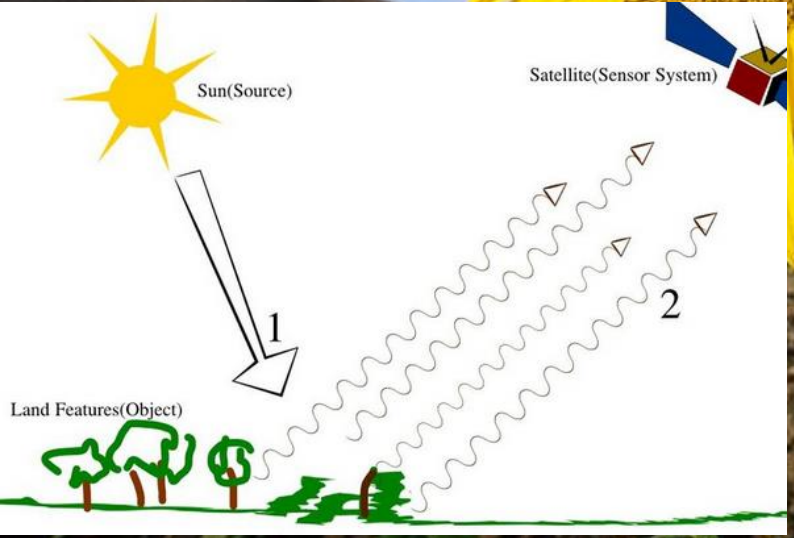
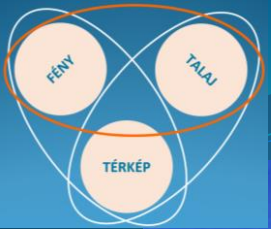


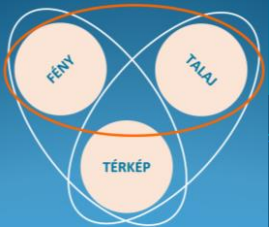






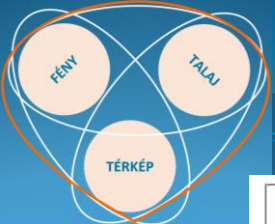




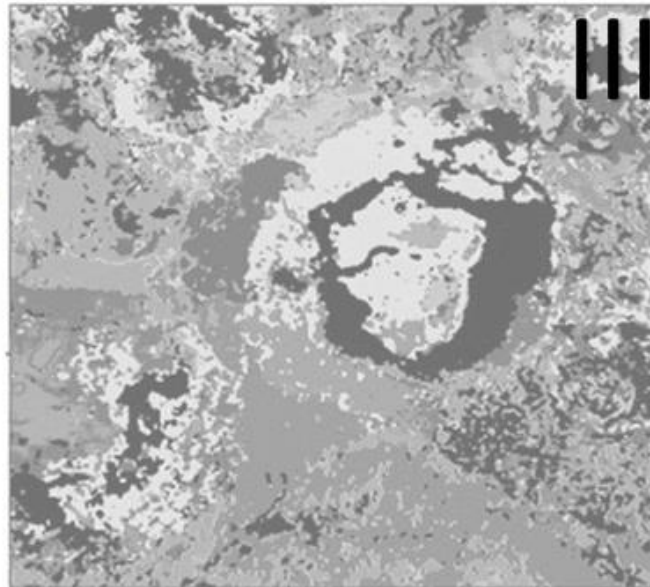


Proximal soil sensing



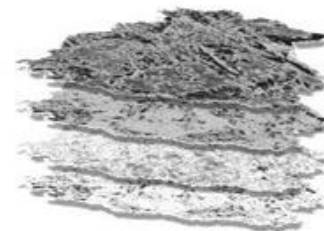


3. ábra. Légifénykép alapján elhatárolt talajfoltok



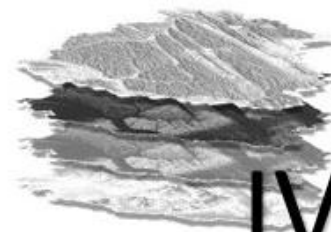
ÖRFELVÉTELEK

LANDSAT, MODIS, SPOT,
SENTINEL, ...
különböző időpontok,
sávok és indexek



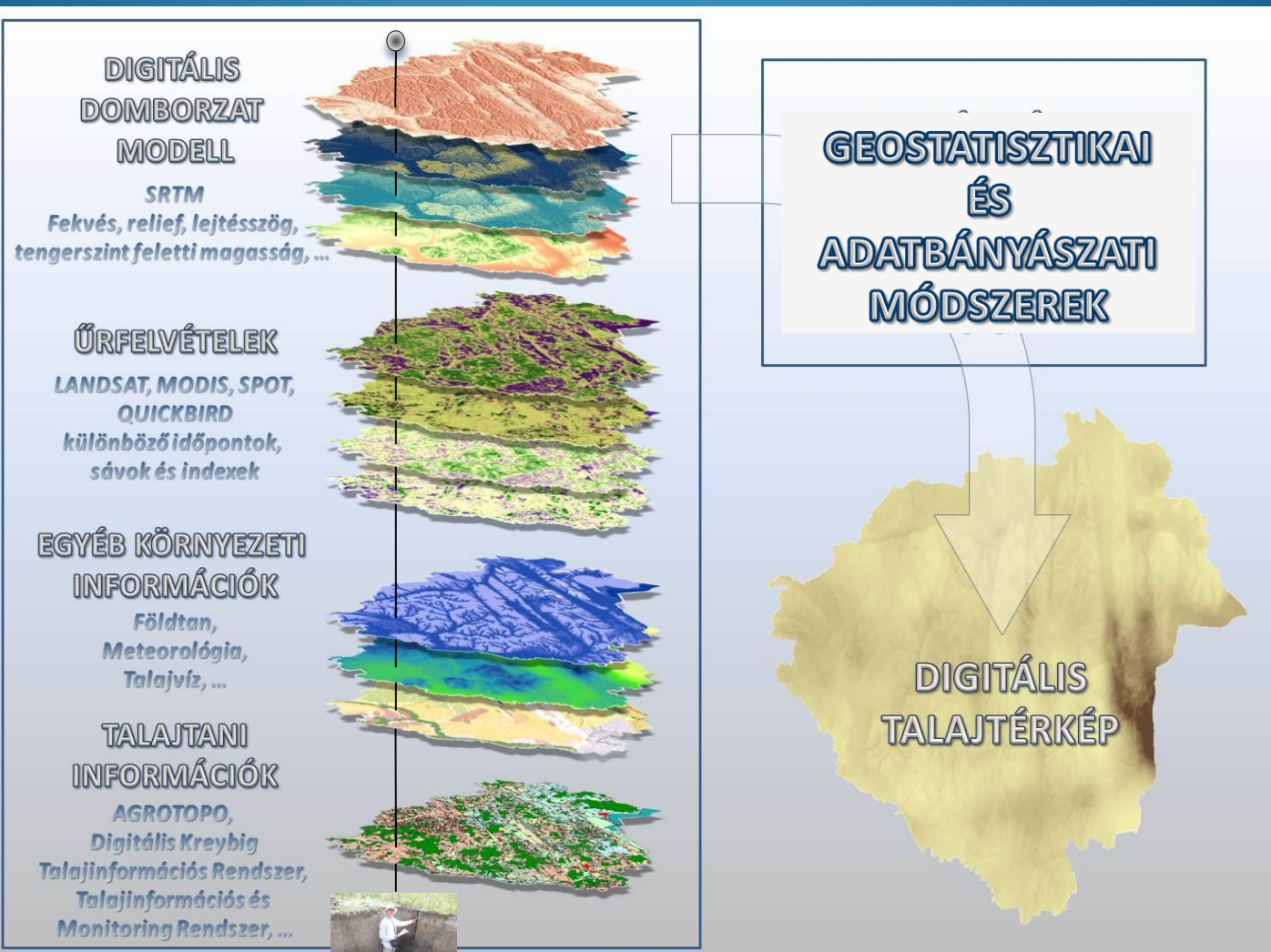
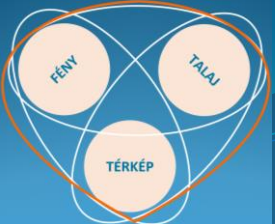
DIGITÁLIS DOMBORZAT MODELL

ASTER, SRTM, ...
fekvés, relief, lejtésszög,
tengerszint feletti
magasság, ...



IV





Proximal soil sensing

felszínközeli, roncsolásmentes, képalkotó



EM38



GRP

**Pilóta nélküli légi jármű
(UAV)**

+

Hiperspektrális kamera



Pilóta nélküli légi jármű – eszközpark

Maximális felszálló súly: 13,5 kg
Ajánlott felszálló súly: 6,5 kg
Maximális repülési sebesség: 52 km/h
Maximális szélesebbesség: 33 km/h

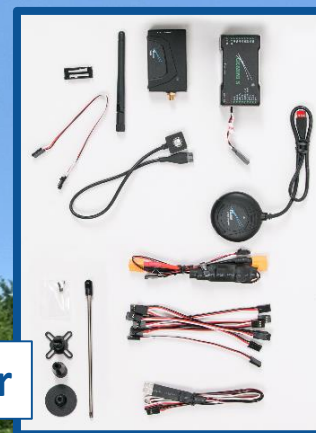
Robbe Futuba T14 SG



Carbon Core Cortex 5K

Cubert UHD-185

Zero UAV Gemini M+S Autopilóta rendszer



Pilóta nélküli légi jármű – perifériák



- 12 db 9000 mAh; 6 cellás; 22,2 V; 199,8Wh LiPo akkumulátor
- 3 db gyorstöltő
- 1 db 500 mAh; 11,1 V LiPo akkumulátor
- GPS tracklogger



1 felszállás max. 18 perc időtartam lehet
Közepes méretű terület pontos, gyors
felmérése – 50 ha/nap, 3 cm felbontással



Szoftverkörnyezet: ZeroTech GCS

The screenshot displays the ZeroTech GCS (Ground Control Station) software interface. The main window shows a top-down view of a flight path with 39 numbered waypoints connected by red lines. A yellow smiley face icon is placed at waypoint #1. The interface includes a menu bar (File, View, Path Settings, Tools, Settings, Help), a toolbar with navigation icons, and a central map area. On the right side, there are two circular gauges (altitude and speed), a flight mode selector, and various control buttons like 'FlyToPP', 'PTZLock', 'Auto Landing', and 'Take Photo'. A 'Pattern Waypoints' button is also visible.

Edit Waypoint

Wayp...	Longitude	Latitude	Altitude	Snapshot Config	Target Speed	Cycle Time(s)
#01	19.248800	47.673134	35	Disable Snapshot	3.6	65535
#02	19.248142	47.673019	35	Disable Snapshot	3.6	0
#03	19.248142	47.673019	35	Interval Snapsh...	3.6	0
#04	19.248913	47.672501	35	Disable Snapshot	3.6	0
#05	19.248913	47.672501	35	Disable Snapshot	3.6	0
#06	19.248951	47.672527	35	Disable Snapshot	3.6	0
#07	19.248951	47.672527	35	Interval Snapsh...	3.6	0
#08	19.248180	47.673046	35	Disable Snapshot	3.6	0
#09	19.248180	47.673046	35	Disable Snapshot	3.6	0
#10	19.248219	47.673073	35	Disable Snapshot	3.6	0
#11	19.248219	47.673073	35	Interval Snapsh...	3.6	0
#12	19.248989	47.672554	35	Disable Snapshot	3.6	0
#13	19.248989	47.672554	35	Disable Snapshot	3.6	0
#14	19.249027	47.672581	35	Disable Snapshot	3.6	0
#15	19.249027	47.672581	35	Interval Snapsh...	3.6	0
#16	19.248257	47.673100	35	Disable Snapshot	3.6	0
#17	19.248257	47.673100	35	Disable Snapshot	3.6	0

Longitude: 19.248800 Altitude: 35 Snapshot Config: Disable Snapshot Circle Time: 65535

Latitude: 47.673133 Use Same ALT to All Target Speed: 3.6m

Flight Data Other Data Gemini Data

Kész



Hiperspektrális távérzékelés a Cubert UHD-185 lencsésén keresztül



Hiperspektrális vs. multispektrális távérzékelés

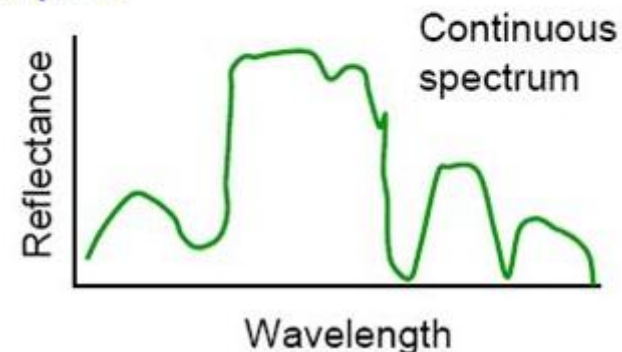
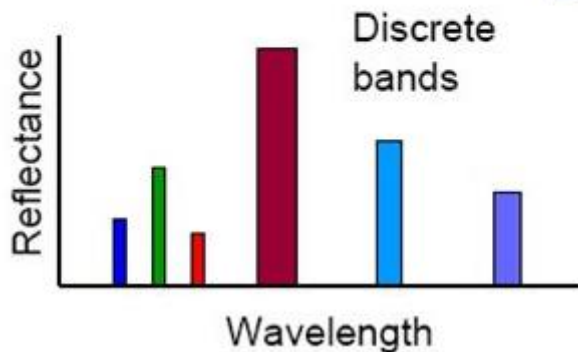
Multispectral



Hyperspectral



Each pixel



Cubert UHD-185 – the Firefly

Hullámhossz tartomány:

450nm – 950nm, folyamatos 125 (132) sáv

- Mintavételezési köz: 4 nm

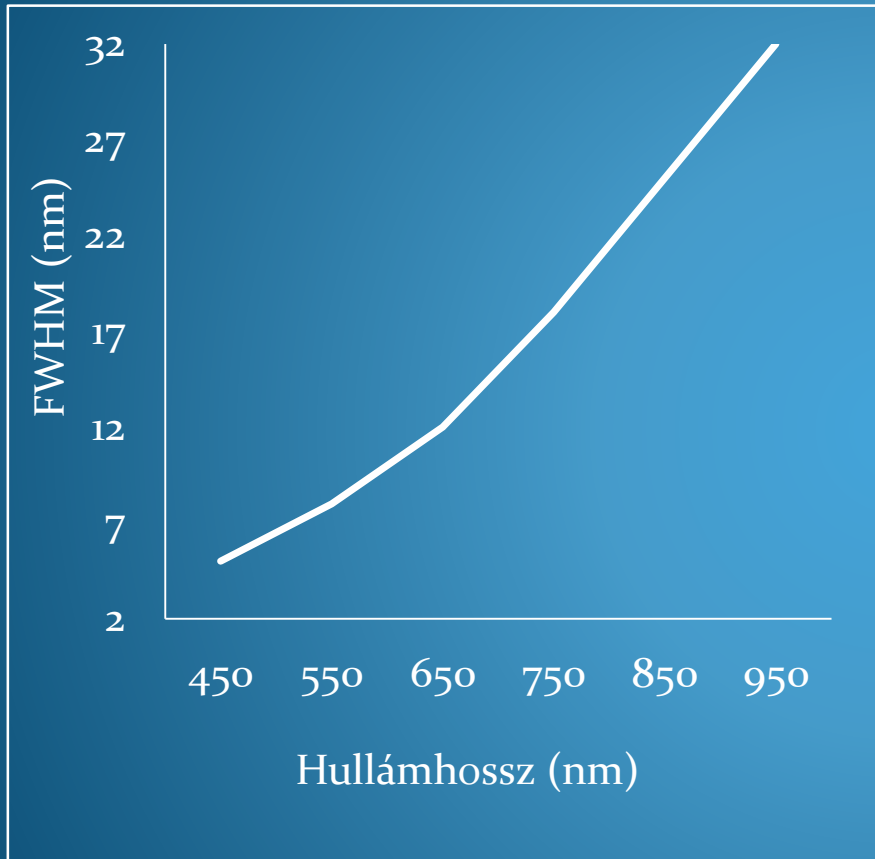
Felbontás:

1000*1000 pixel – pankromatikus
50*50 pixel – natív hiperspektrális

- Tömeg: 840 g (nettó...)

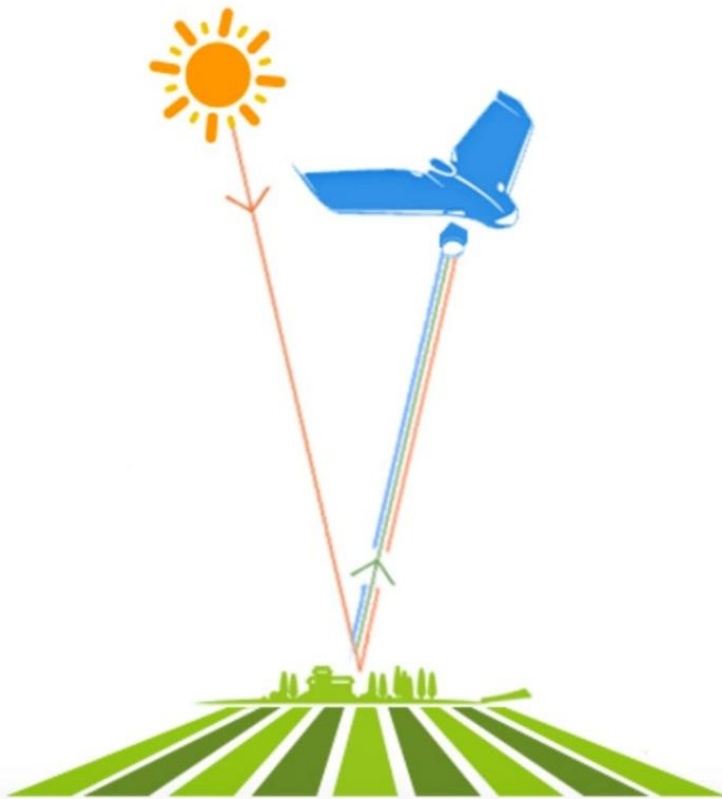


Cubert UHD-185 – the Firefly

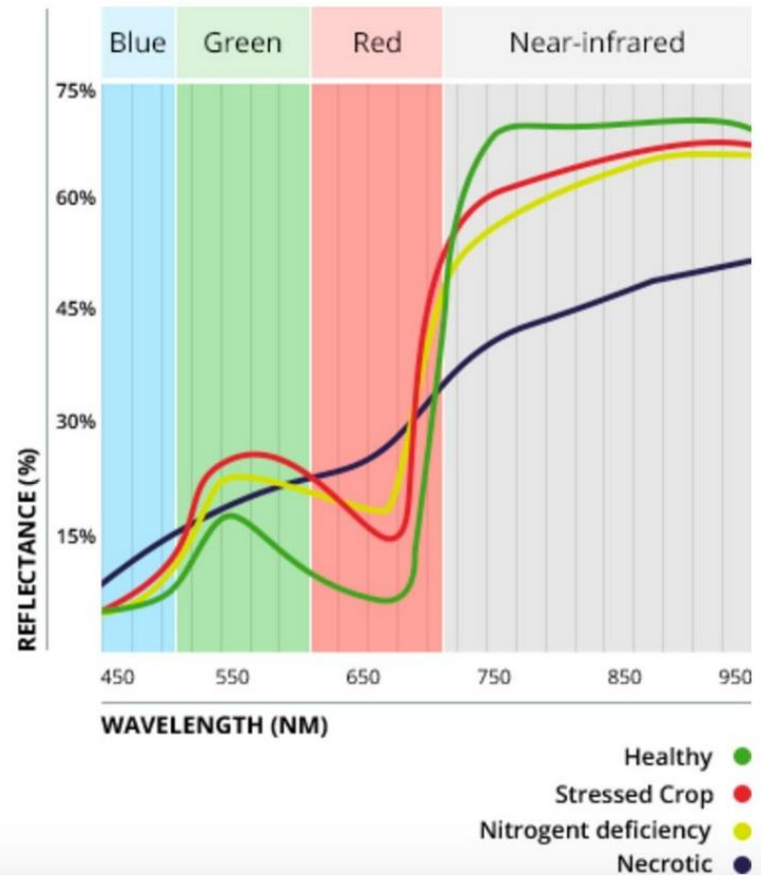


Cubert UHD-185 – the Firefly

Measure reflectance of your crop using proprietary hyperspectral imaging camera mounted on drones or manned aircrafts



Analyze spectrum of reflected light and correlate it with crop and soil characteristics



Cube Pilot Edelweiß

Cube-Pilot

setup measurement view device

pseudo RGB: 650, 500, 450

sensitive wavelength: 650

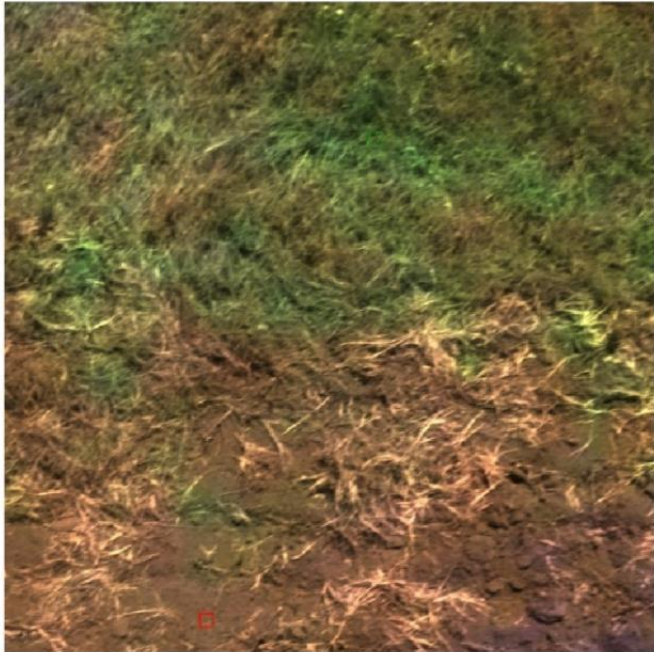
brightness: 0.9, sharpen: 20

export: full, multi tiff, multiplier: 64.0

gray, labels

open file File info

images	info
	Auto363.jpg Created: 7/7/2016 11:43:42
	Auto366.jpg Created: 7/7/2016 11:43:44
	Auto367.jpg Created: 7/7/2016 11:43:46
	Auto368.jpg Created: 7/7/2016 11:43:46
	Auto369.jpg Created: 7/7/2016 11:43:46
	Auto370.jpg Created: 7/7/2016 11:43:48
	Auto371.jpg Created: 7/7/2016 11:43:50
	Auto372.jpg Created: 7/7/2016 11:43:50



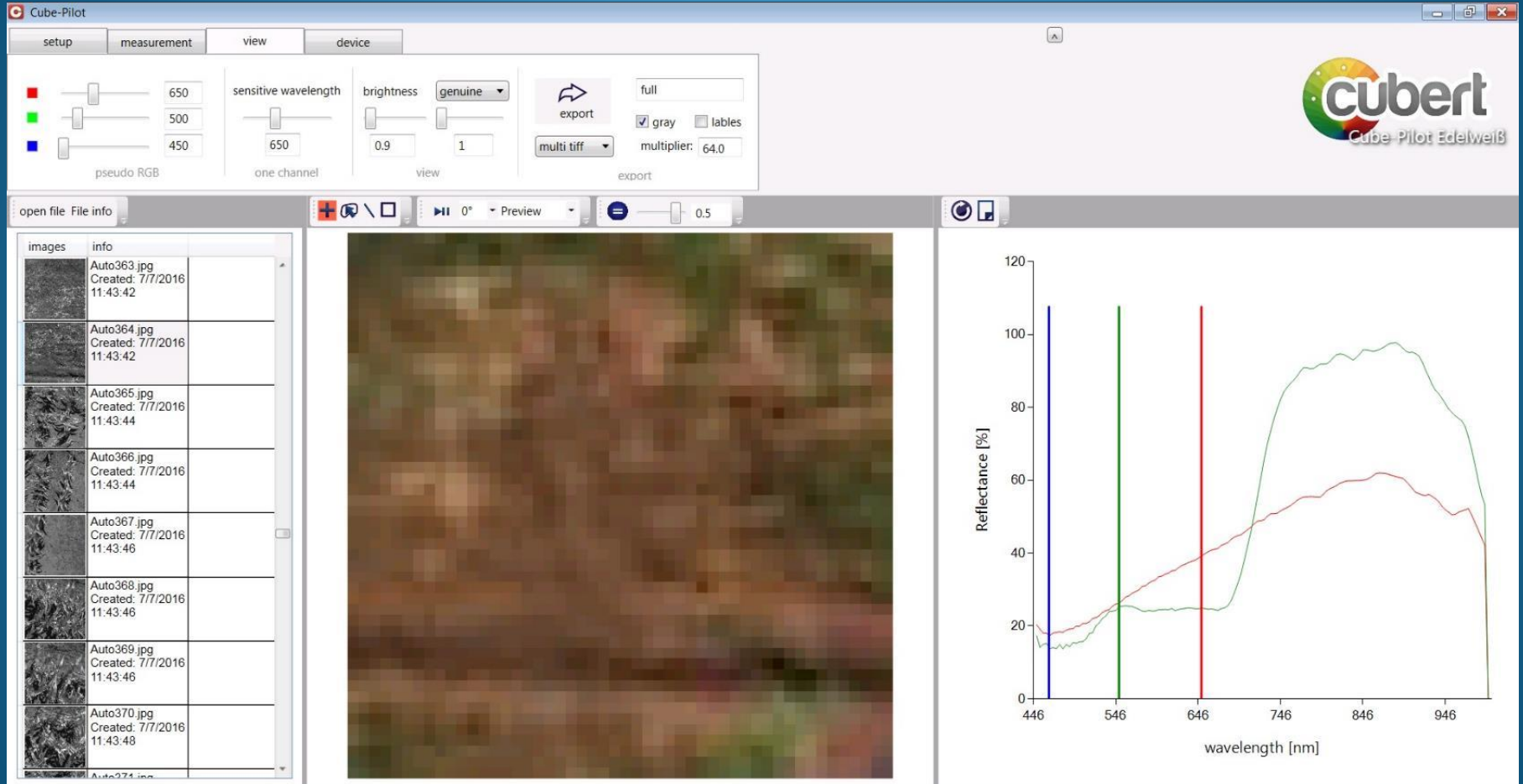
Reflectance [%]

wavelength [nm]

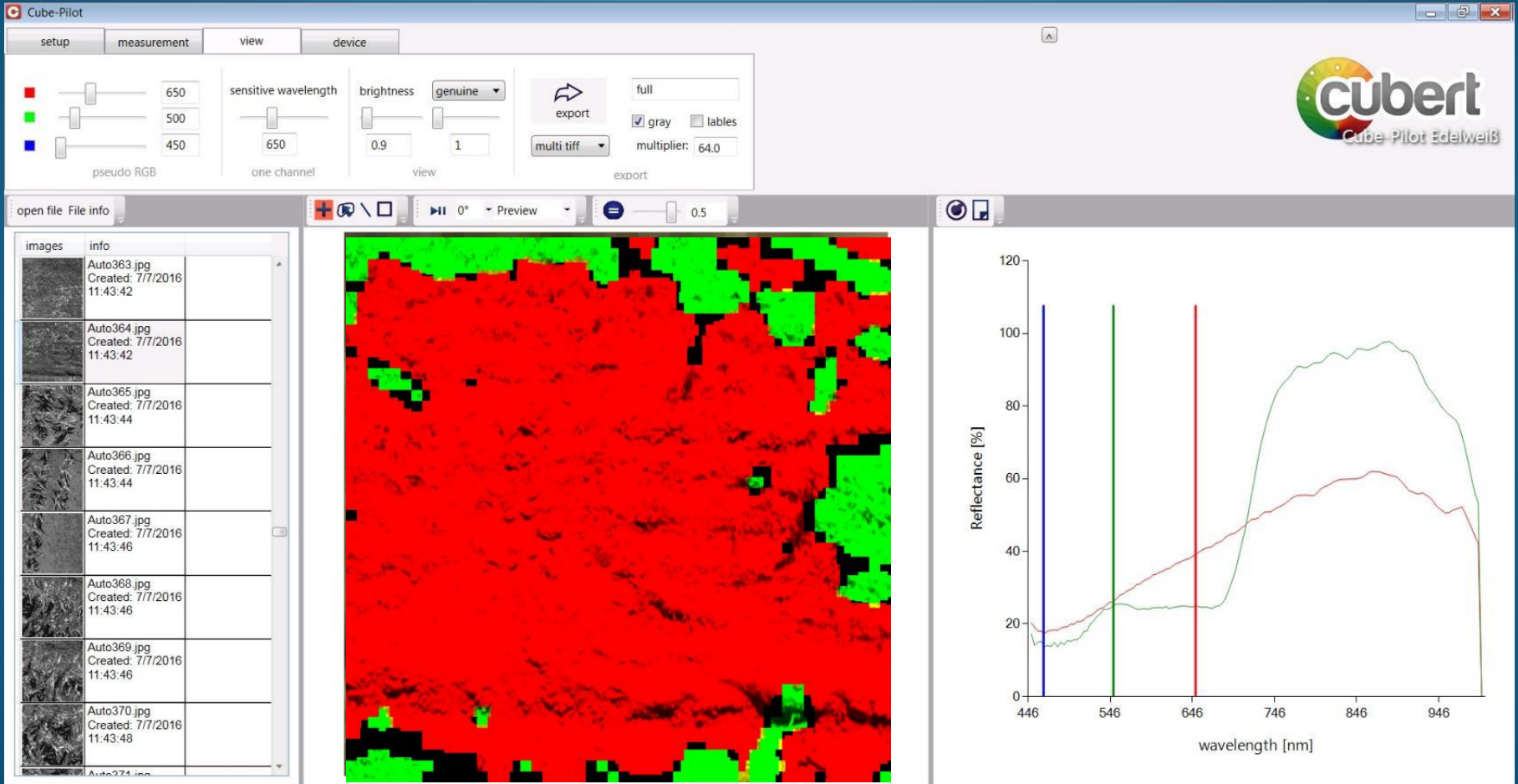
wavelength [nm]	Reflectance [%] (Red Curve)	Reflectance [%] (Green Curve)
446	20	15
546	25	20
646	35	20
746	60	95
846	70	98
946	40	40



Cube Pilot Edelweiß



Cube Pilot Edelweiß



Felhasználási lehetőségek

- Nagy felbontású (2-4 cm / 20-30 cm) domborzatmodellek hiperspektrális adattal!
- Közepes méretű terület (50 ha/nap felmérés 3 cm felbontás mellett) pontos, gyors felmérés
- Természetes gyepek állapotának a felmérése
- Talajlakó emlősök élőhelyterképezése
- Kultúrnövény betegségek precíz, gyors detektálása
- Talajtulajdonságok felmérése, és azok változása (monitoring)
- ...



A talaj elektromos vezetőképességének mérése a terepen műszerekkel



Objectives

Comparison of five field instruments, which are used as *indirect techniques* for the characterization of soil electrical properties, in order to distinguish classes of soil salinity, texture, vegetation and soil management.

First question: are the instruments useful or not? The answer is given by *ANOVA between management variants*.

Second question: what do the instruments tell us? The answer is given by *correlation analysis between instrumental readings and laboratory measured values*.



Site description

- Kiskunság Region, Hungarian Plain: mosaic-like soil cover
- Three 70 m long transects on 10 Nov 2004

Data collection

- **Field measurements:** EC_a - electrical conductivity
 θ - volumetric water content
through ε - permittivity @ 1 m interval

- **Soil sampling** for analysing soil physical and chemical properties
@ 5 m interval



Arrangement

solid



liquid

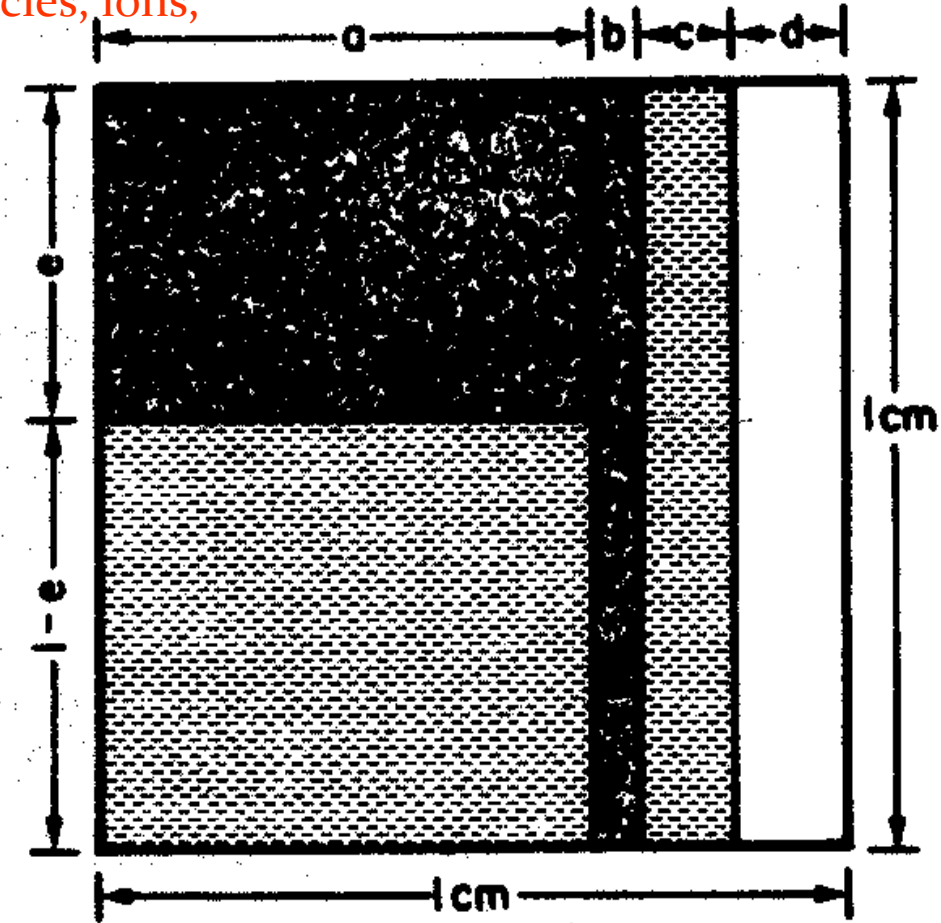


Amount/ratio



of soil constituents: water, charged particles, ions,

(1) (2) (3)



Schematic representation of the three paths which the current can take in an unsaturated soil.

Simplified soil model consisting of the three conductance elements in parallel (a, b, c)

Conductivity

EM & capacitance

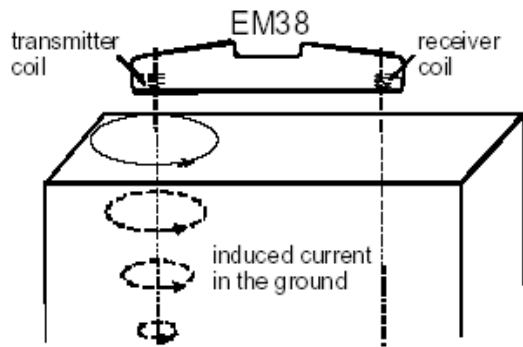
Schematic representation and model of electrical conductivity in soil.

Technical parameters of instruments

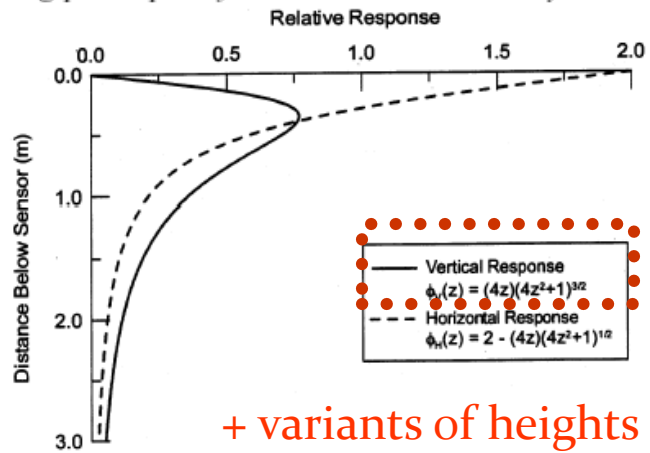
	EM= EMRC-120	M_ec= Martek SCT
Operation principle	Electromagnetic induction	Resistivity /conductivity
Operation frequency	aprox. 10 kHz	120-1000 Hz
Specifications	Coil spacing 1 m	Dipole configuration, 0.90m spacing el.
Operation depth	1-1.5 m with vertical coil	~0.45 m



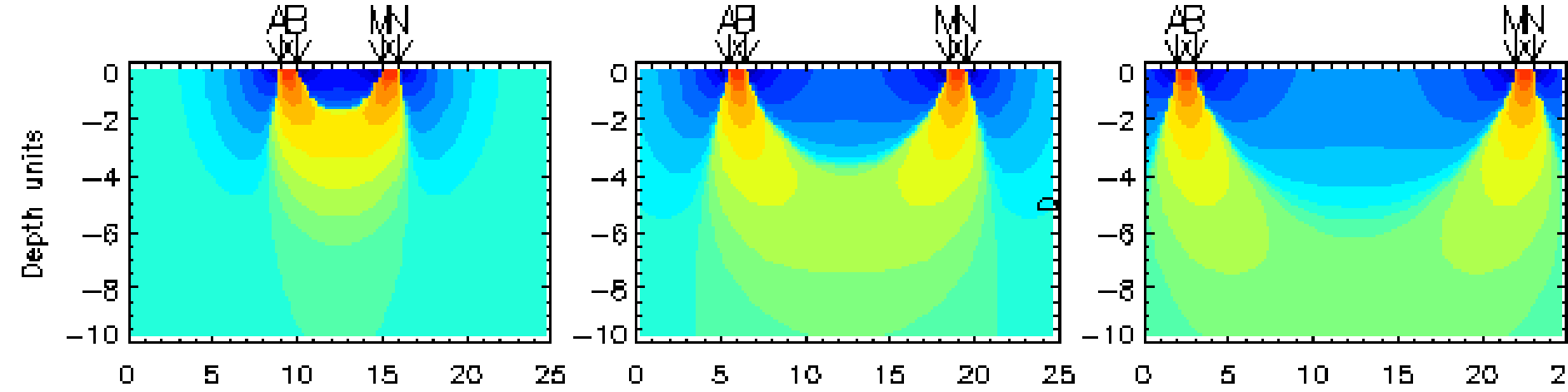
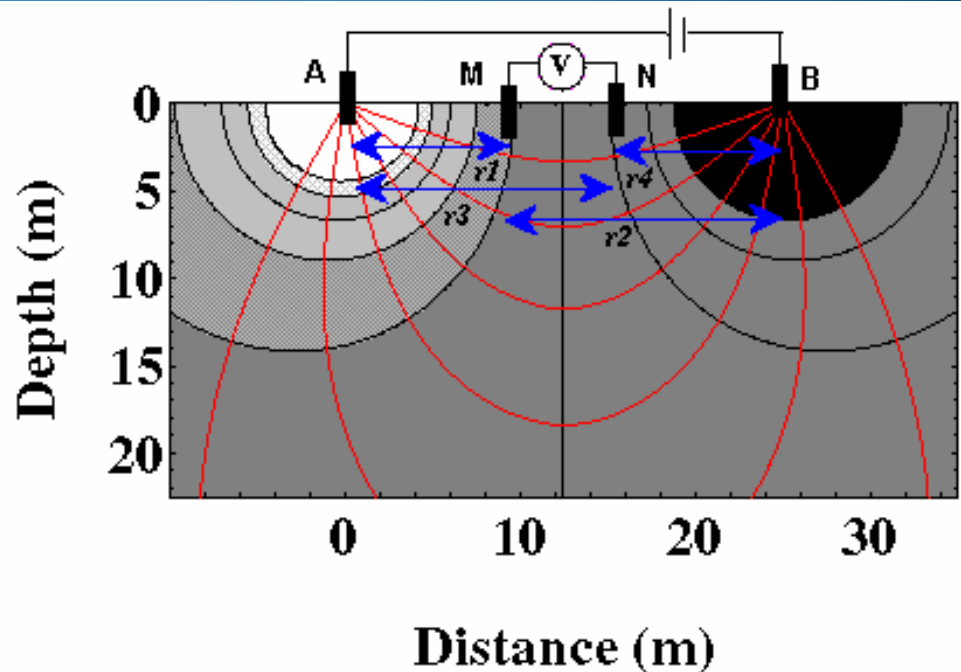
OPERATION PRINCIPLE OF EM & ECa METERS



Working principle of the EM38 conductivity sensor (after



Relative response of EM38 sensor as a function of distance (adapted from McNeill, 1992).



Instruments 2

- *M_{ec}* (4 electrode resistivity sensor, Martek Instruments, US)
- EM (EMRC-120 instrument, Hungary)

M_{ec}



EM



Transect studies and differences between management variants



Transect 2 – salt-affected grassland with small shift in texture and big change in elevation



Saline lowest spot

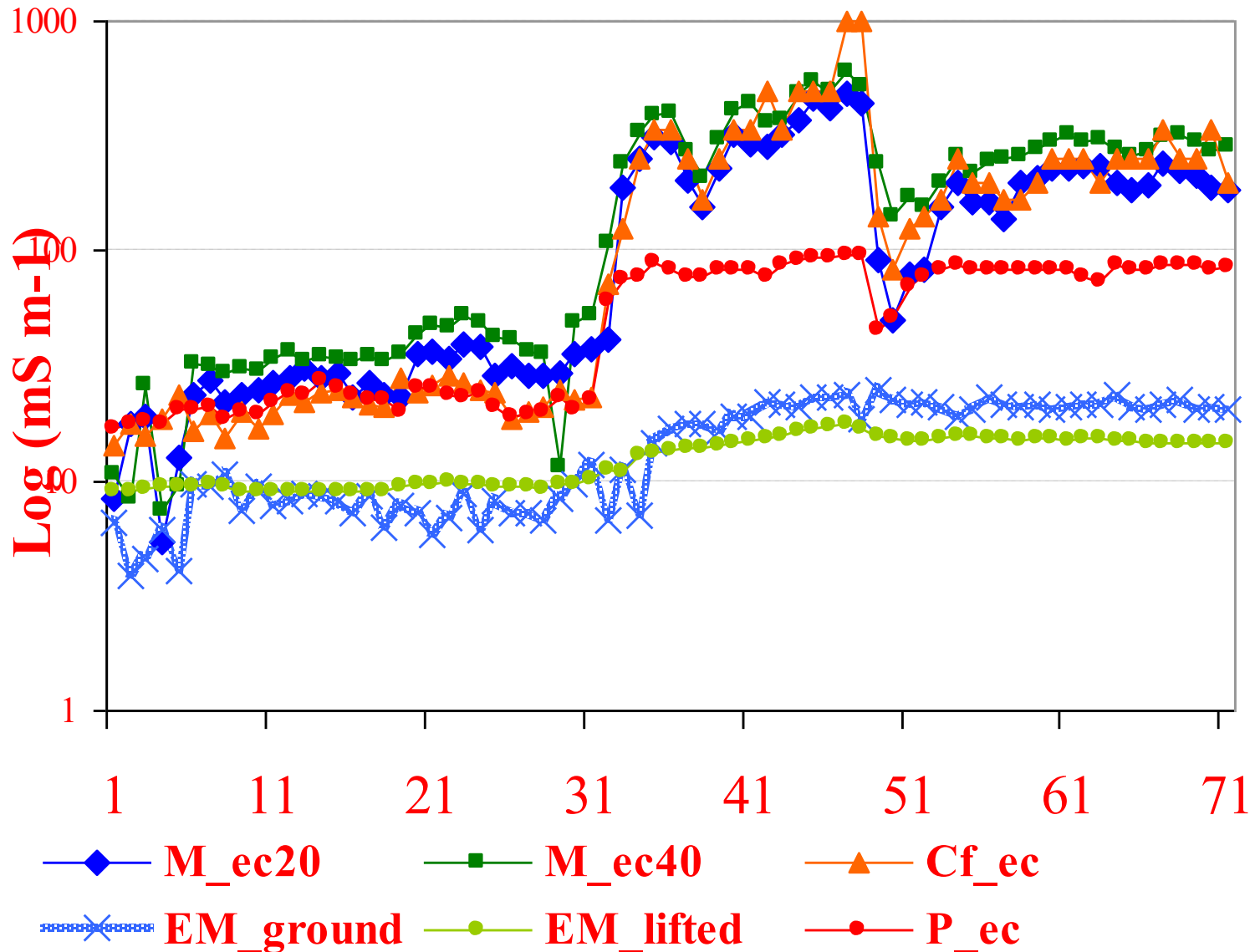
Slightly saline spot

Non saline highest spot

Low lying extreme saline spot



Extreme saline spot



EC_a 0-0.45 m	Cala	Ach-F	Art-F	Puc	Cam
Cases (n)	4	27	20	14	6
Calamagrostis	\	-	+	+	+
Ach-Festucetum		\	+	+	+
Art-Festucetum			\	-	+
Puccinellietum				\	+
Soil Moisture (0.10 m)	Cala	Ach-F	Art-F	Puc	Cam
Cases (n)	4	27	20	14	6
Calamagrostis	\	-	-	-	+
Ach-Festucetum		\	-	-	+
Art-Festucetum			\	-	+
Puccinellietum				\	+



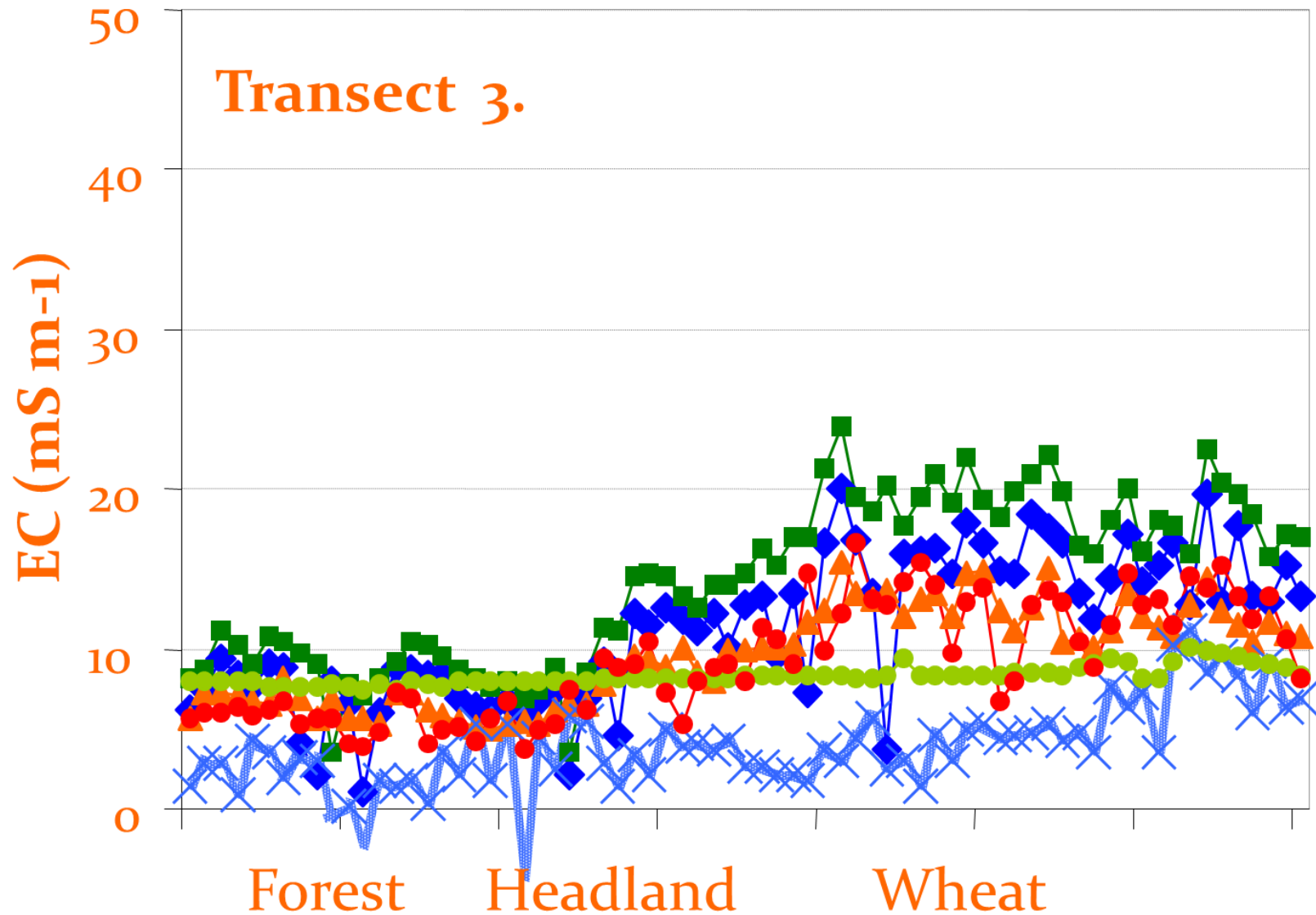
Transect 3 – across border of forest and wheat field with large shift in texture and big change in elevation

Forest in highest & most sandy spot



Wheat in the lowest & least sandy spot

Transect 3.



significant differences between the 2 categories!!



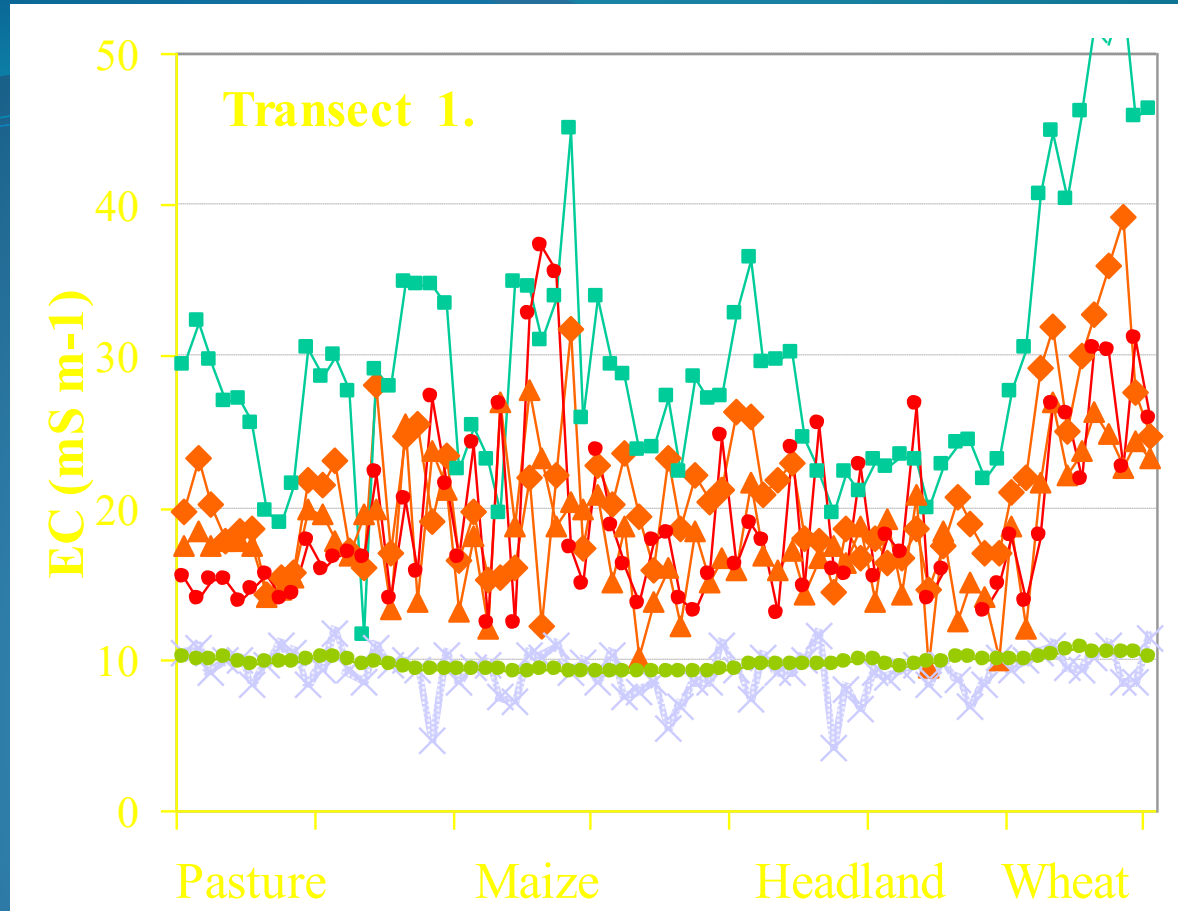
Transect 1 – different soil management and crops, no changes in texture and elevation



Wheat

Maize fallow

Pasture



EC _a 0-0.45 m	Pasture	Wheat	Maize	Soil Moisture (0.10 m)	Pasture	Wheat	Maize
	Cases (n)	13	12	38	Cases (n)	13	12
Pasture	/	+	-	Pasture	/	-	-
Wheat		/	+	Wheat		/	+

Correlations

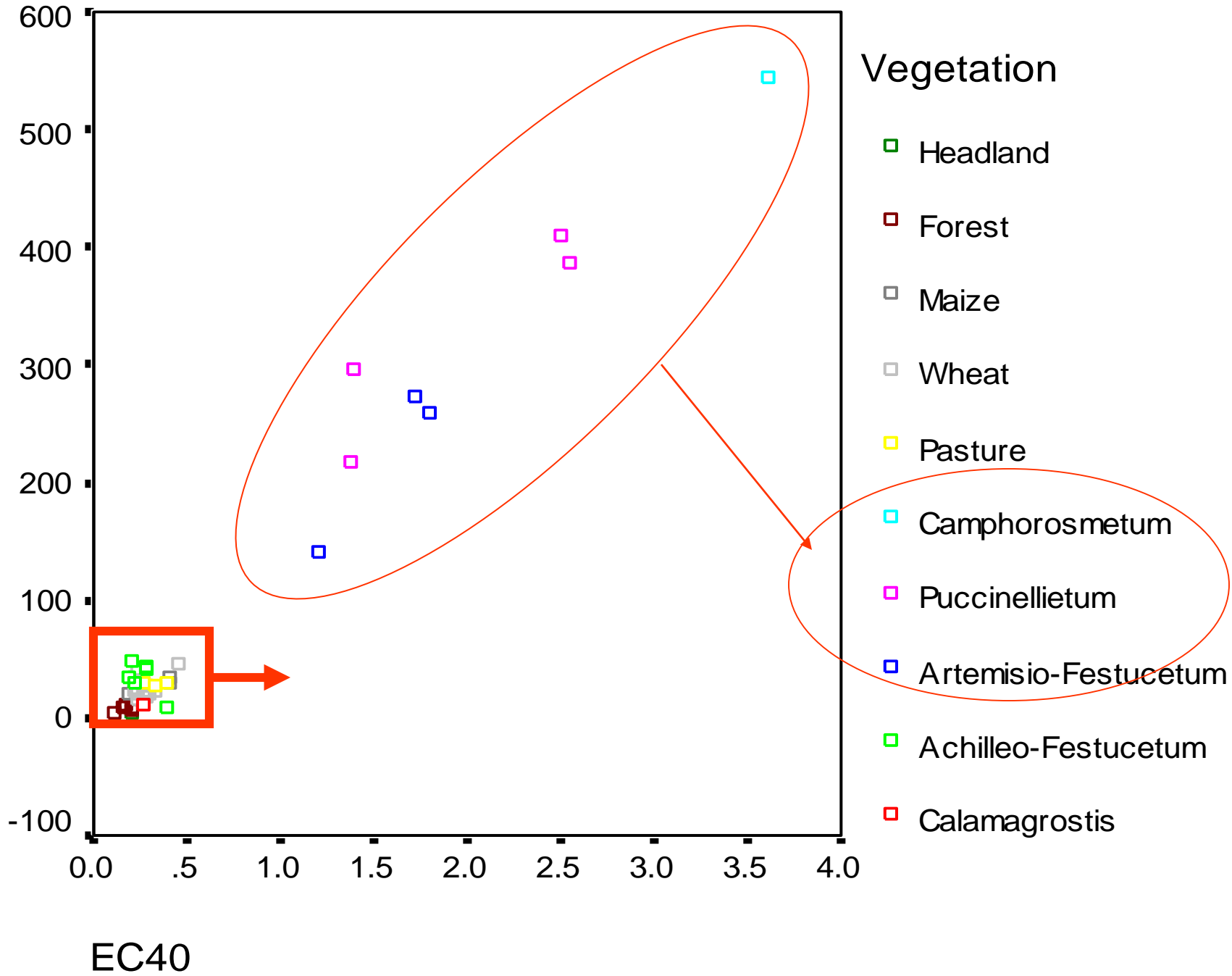


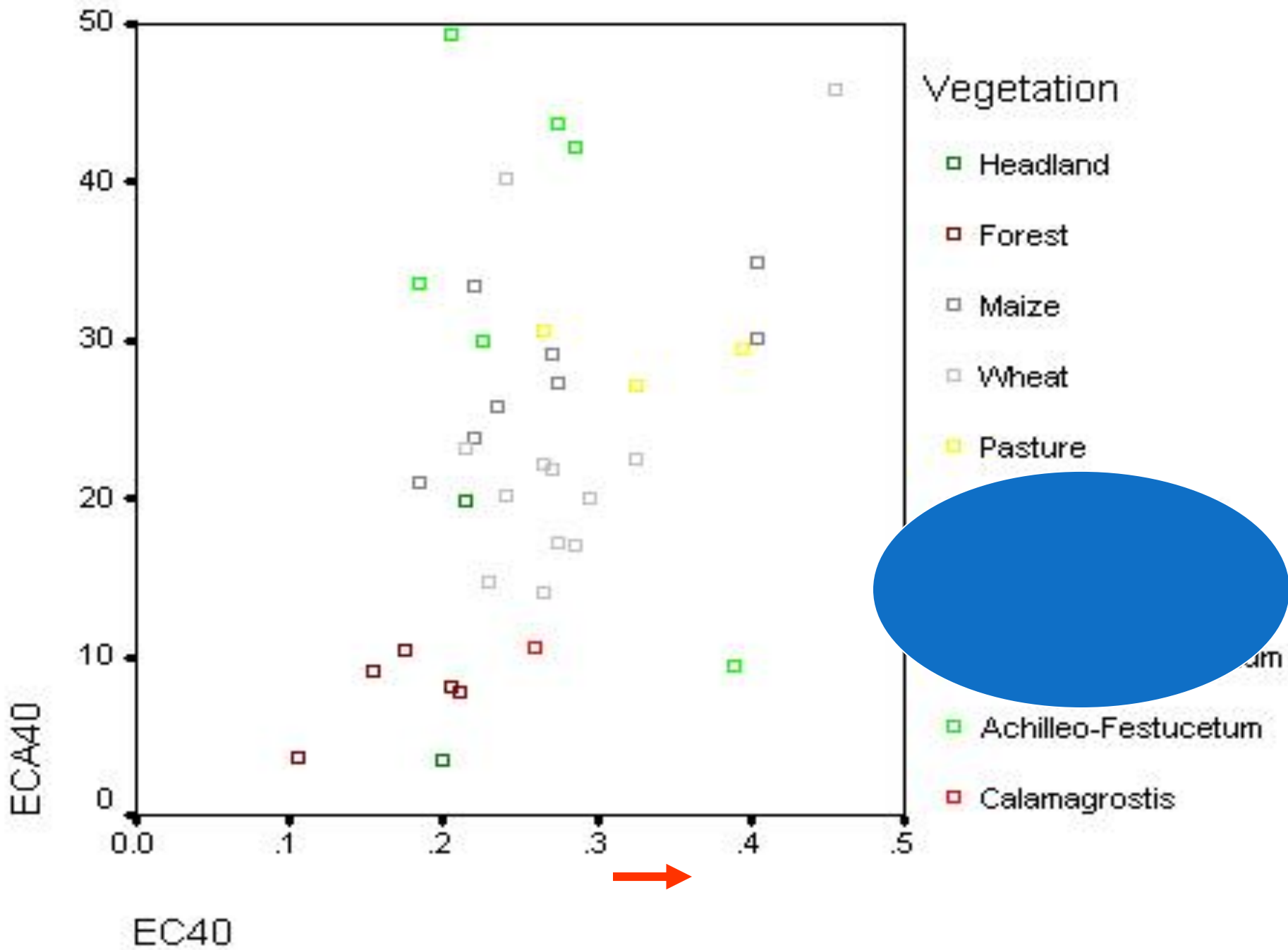
Correlations between field measured and laboratory values

	EMS	EMW	ECA20	ECA40	EC20	EC2040	EC40
EMS	1	.951 *	.755 *	.804 *	.720 *	.832 *	.782 *
EMW	.951 *	1	.840 *	.885 *	.815 *	.914 *	.872 *
ECA20	.755 *	.840 *	1	.993 *	.981 *	.953 *	.979 *
ECA40	.804 *	.885 *	.993 *	1	.977 *	.975 *	.987 *
EC20	.720 *	.815 *	.981 *	.977 *	1	.956 *	.990 *
EC2040	.832 *	.914 *	.953 *	.975 *	.956 *	1	.988 *
EC40	.782 *	.872 *	.979 *	.987 *	.990 *	.988 *	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).





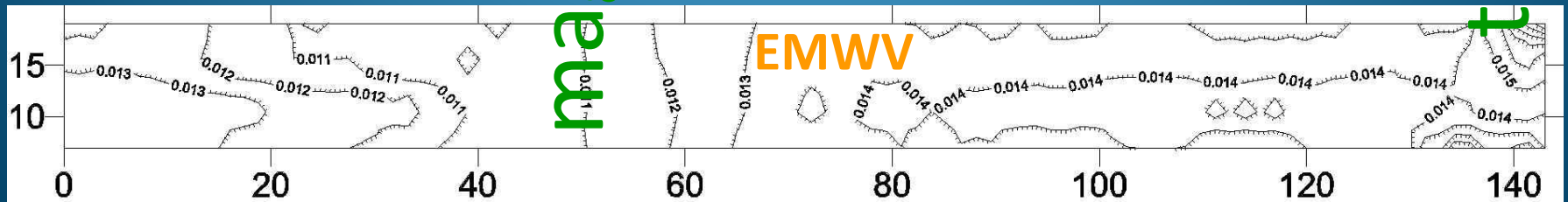
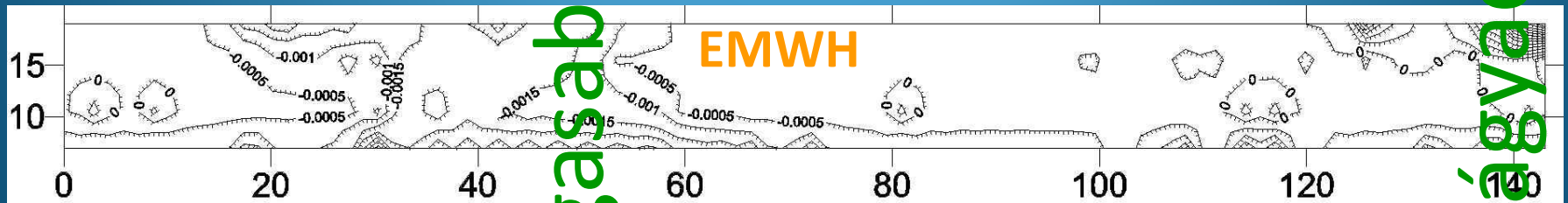
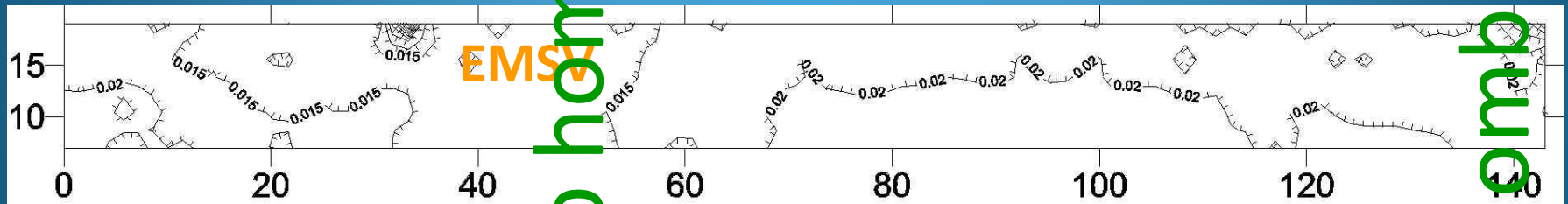
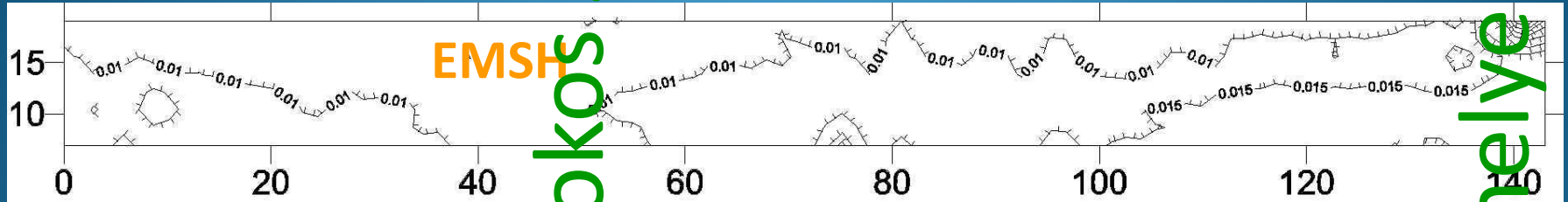
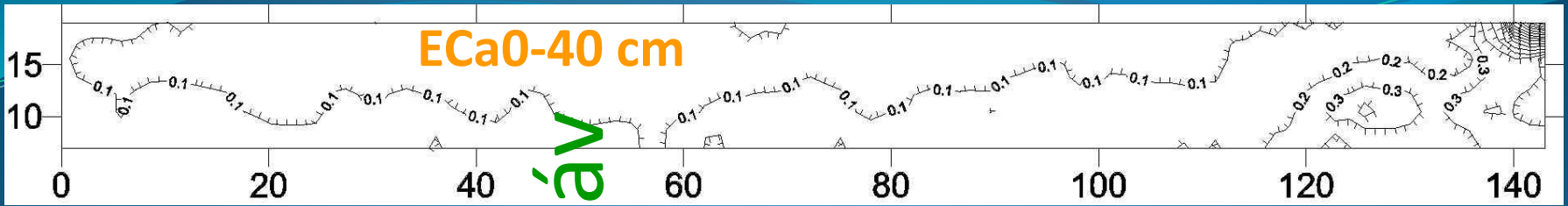


Correlation between soil parameters sampled in the 3 transects at the depth of 0-0.20 m and soil electrical conductivity (n=45). Values in Bold are statistically significant ($p < 0.01$)

<u>Soil parameter</u>	<u>M_{ec}</u>
Clay (<0.002 mm)	0.73
Silt (0.002-0.05 mm)	0.30
Sand (>0.05 mm)	-0.52
Humus (g g ⁻¹)	-0.74
Water (g g ⁻¹)	-0.21
pH	0.86
EC (mS)	0.98



Az EM szondával Kunmadarason készített térképek (mS/cm) (2/2)



magasabb homokos sáv
trágyadomb helye

Conclusions

- Soil salinity, textural differences and also management variants can be distinguished with decreasing statistical significance
- The methods show close correlation between instrumental readings and with the laboratory standard methods



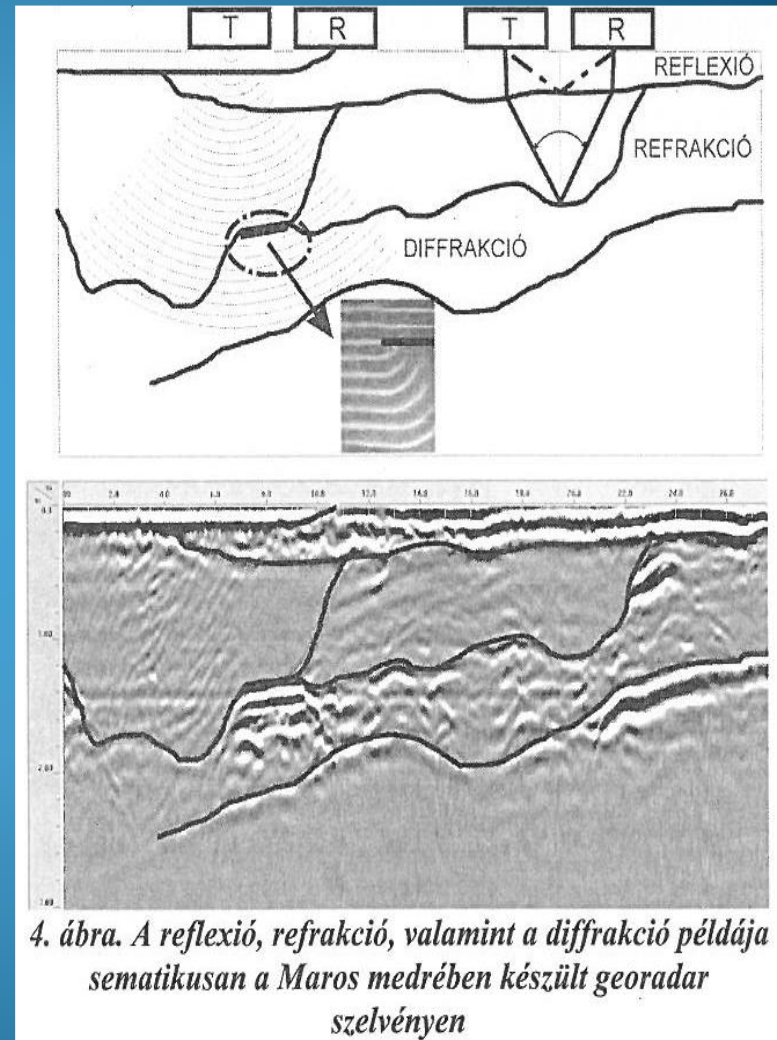
Talajradar

MALÅ GroundExplorer (GPR)



Georadar: elméleti háttér

- Jeladó-, vevő- és vezérlő egység
- Jeladó rövid, magas frekvenciájú EM impulzusokat bocsát ki, amelyek
 - visszaverődnek (reflexió),
 - megtörnek (refrakció),
 - szóródnak (diszperzió),
 - elhajlanak (behatolás a leárnnyékolt térbe - diffrakció)
- EM hullámok frekvenciájának növelésével a behatolási mélység csökken, de a felbontás növekszik
- Fő cél: eltérő fizikai tulajdonságokkal rendelkező rétegek, ill. az ezeket metsző felszínek lehatárolása (Katona et al. 2013)



4. ábra. A reflexió, refrakció, valamint a diffrakció példája sematikusán a Maros medrében készült georadar szelvényen



Georadar: MALÅ GroundExplorer (GPR)

- A beszerzés alatt álló georadar főbb specifikációi (*MALA GuidelineGeo*)
 - Külső GPS
 - Mérési hőmérséklettartomány: -20 °C és +50 °C között
 - Adatátvitel: Ethernet, WIFI, USB
 - 4 féle antenna: 750 MHz, 450 MHz, 160 MHz, 80 MHz
- Általános alkalmazási területek
 - Felszín alatti infrastruktúra, közművek
 - Környezeti kockázatok, geológiai veszélyforrások
 - Felszín alatti vizek
 - Ásványkutató
- Alkalmazási lehetőségek a kisugárzott frekvenciatartomány függvényében
 - Eltérő frekvencia → megfelelő felbontású jel eltérő felszín alatti mélységből



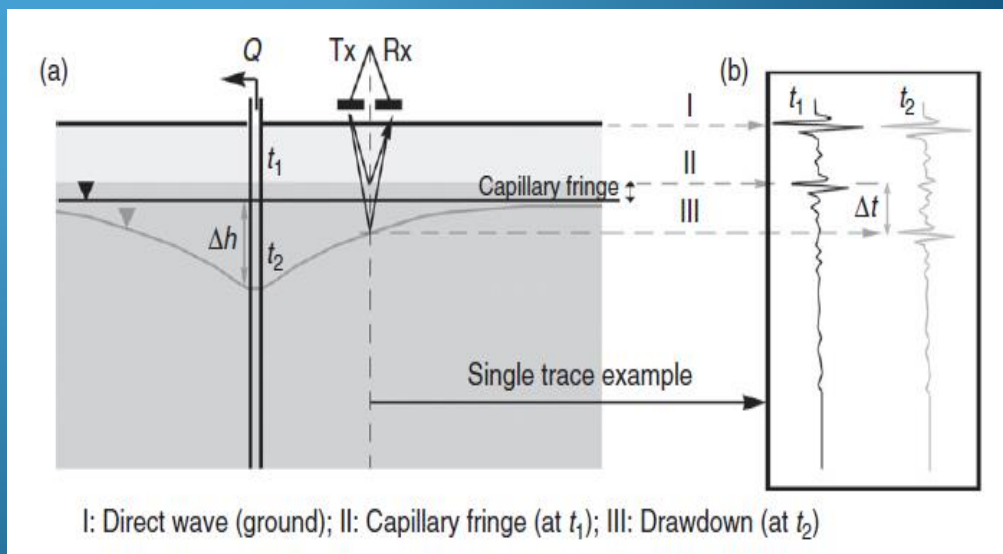
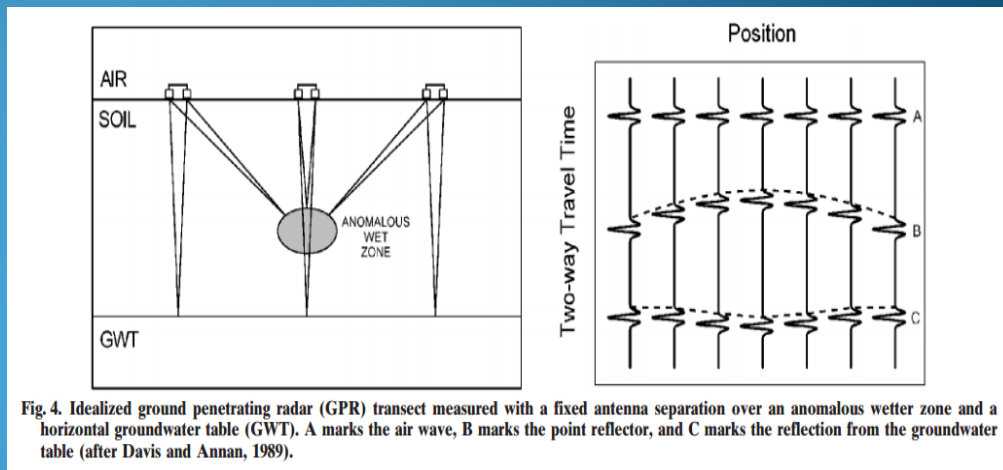
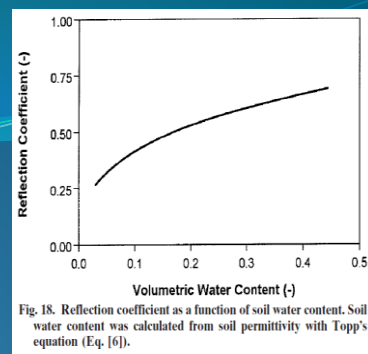
<http://www.terapeak.com/worth/mala-gx-hdr-ground-penetrating-radar-gpr-ndt-gssi-pipe-cable-utility-locator/262272244829/>



Kis és közepes frekvenciájú (160 és 450 MHz) antenna alkalmazhatósága

- Üledék- és kőzetrétegek térképezése
 - Felszín alatti sekély víztartók és vízzáró rétegek
 - Eltérő morfológiájú és textúrájú talajrétegek (*Inman et al. 2002*)
- Talajvízszint és vízbeszivárgás-monitoring, talajnedvesség-tartalom meghatározás (*Huisman et al. 2003; Káposztás et al. 2013*)
 - Próbaszivattyúzás hatása (*Jol 2009*) → visszatöltődés → vízteleníthető hézagterefogat (S_y)
- Felszín alatti víz sótartalmának vizsgálata (különböző EC hatása) (*Tsoflias & Becker 2008*)
- Édesvízi mészkőkiválás / mésztartalom detektálása talajban (*Pécsi et al. 2014*)

Huisman et al. 2003



Talajradar: ökológiai alkalmazások és problémák

Miért jó?

- Nagy terület
- pontmérés helyett (heterogenitás, elszórt megfigyelés
- valódi ismételt-mérés lehetséges>> időbeli változások detektálása
- zavarás -és roncsolás-mentes)
- védett fajok és élőhelyek



Talajradar: ökológiai alkalmazások és problémák

Gyökerek detektálása, térképezése, átmérő és biomassza becslése (Li Guo et al. 2013)

- Felbontás és mélység: antenna frekvencia, EM tulajdonságai a talajnak, gyökérnek, penetrációs mélység (Negatív összefüggés a felbontás és footprint area között)
- Mélyebben erősebb csillapodás > felbontás romlik
- Száraz, homokos talaj vs. Nedves, agyagos talaj
- Sok vs. Kevés avarréteg
- Nedves vs. Száraz talaj -- nedvesség gyorsan növeli a diel. áll., ezért gyökér detektálhatósága csökken
- Gyökér és talaj dielektromos állandója közötti különbség > reflexiós jel amplitúdója
- Elektromos vezetőképesség—mennyi energia attenuálódik + bipoláris vízmolekulák mozgása, azaz EM energia mechanikai energiává alakul, csillapodás

•



Talajradar: ökológiai alkalmazások és problémák

Gyökerek detektálása, térképezése, átmérő és biomassza becslése (Li Guo et al. 2013)

- Felbontás és mélység: antenna frekvencia, EM tulajdonságai a talajnak, gyökérnek, penetrációs mélység (Negatív összefüggés a felbontás és footprint area között)

- Mélyebben erősebb csillapodás > felbontás romlik

- Száraz, homokos talaj vs. Nedves talaj

- Sok vs. Kevés avarréteg

- Nedves vs. Száraz talaj -- nedvesség detektálhatósága csökken

- Gyökér és talaj dielektromos

- Elektromos vezetőképesség—mennyi energia attenuálódik + bipoláris vízmolekulák mozgása, azaz EM energia mechanikai energiává alakul, csillapodás

- Jó vízvezetetés

- Alacsony vezetőképesség

- Kicsi Dielektromos állandó



Talajradar: ökológiai alkalmazások és problémák

Gyökerek detektálása, térképezése, átmérő és biomassza becslése (Li Guo et al. 2013)

- Felbontás és mélység: antenna frekvencia, EM tulajdonságai a talajnak, gyökérnek, penetrációs mélység (Negatív összefüggés a felbontás és footprint area között)

- Mélyebben erősebb

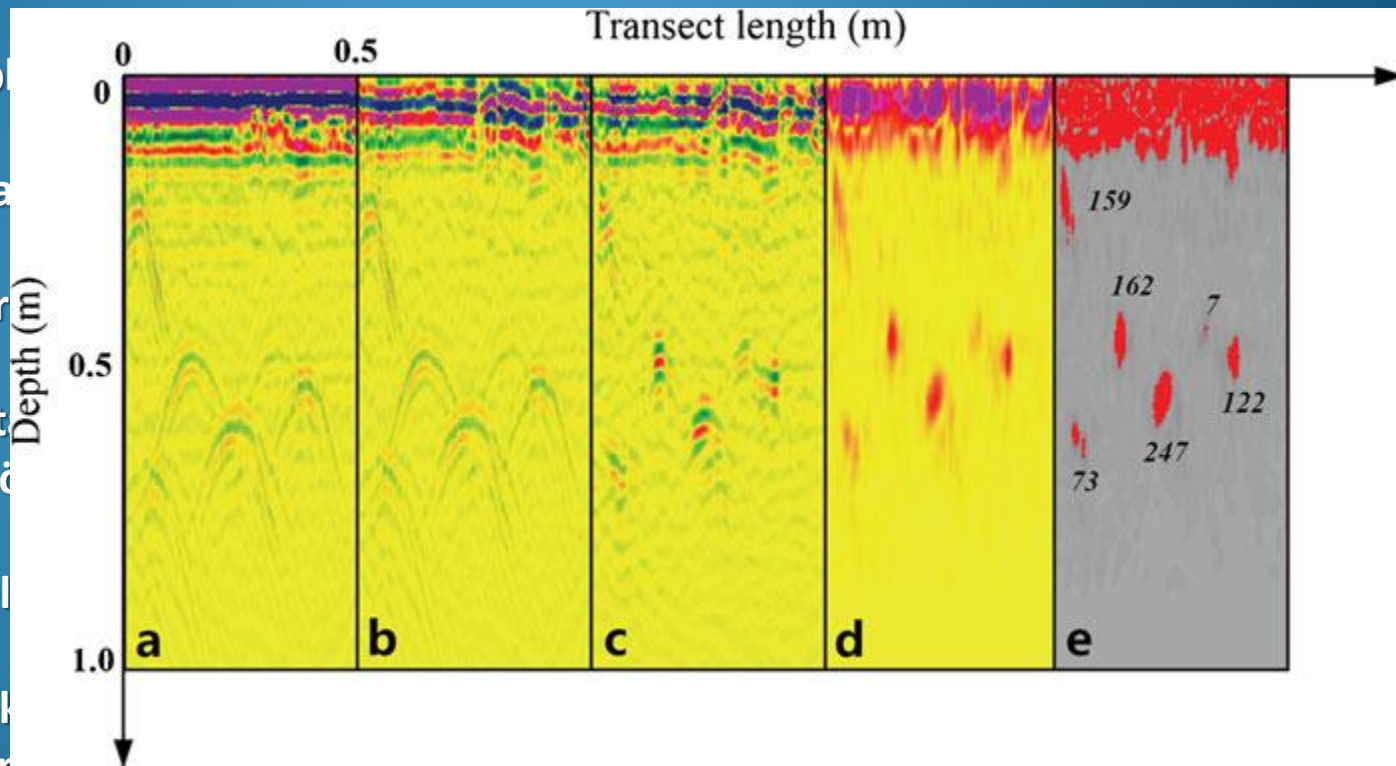
- Száraz, homokos talaj

- Sok vs. Kevés avar

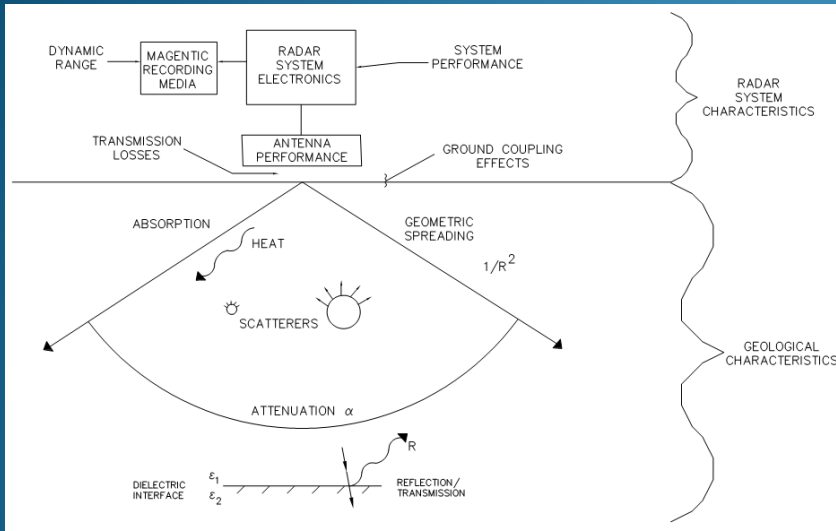
- Nedves vs. Száraz talaj
detektálhatósága csökken

- Gyökér és talaj dielektrikus

- Elektromos vezetőképesség
mozgása, azaz EM energia mechanikai energiává alakul, csillapodás



Járatrendszerek szerkezetének leírása (Swinbourne et al. 2014, 2015; Reynolds 1997)



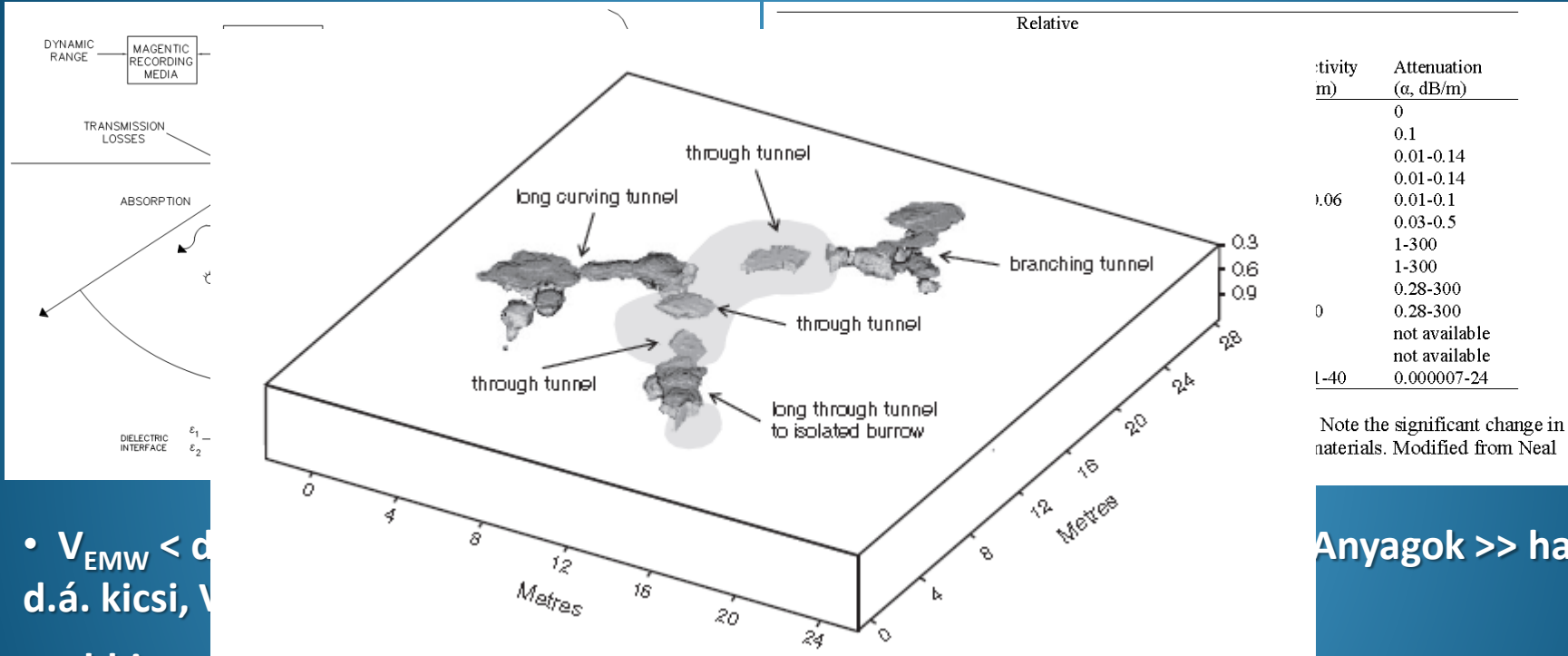
Medium	Relative dielectric permittivity (ϵ_r)	EM wave velocity (V, m/ns)	Conductivity (σ , mS/m)	Attenuation (α , dB/m)
Air	1	0.3	0	0
Fresh water	80	0.03	0.5	0.1
Unsaturated sand	2.55-7.5	0.1-0.2	0.01	0.01-0.14
Saturated sand	20-31.6	0.1-0.2	0.01	0.01-0.14
Unsaturated sand and gravel	3.5-6.5	0.09-0.13	0.007-0.06	0.01-0.1
Saturated sand and gravel	15.5-17.5	0.06	0.7-9	0.03-0.5
Unsaturated silt	2.5-5	0.09-0.12	1-100	1-300
Saturated silt	22-30	0.05-0.07	100	1-300
Unsaturated clay	2.5-5	0.09-0.12	2-20	0.28-300
Saturated clay	15-40	0.05-0.07	20-1000	0.28-300
Unsaturated till	7.4-21.1	0.1-0.12	2.5-10	not available
Saturated till	24-34	0.1-0.12	2.5-10	not available
Bedrock	4-6	0.12-0.13	0.00001-40	0.000007-24

Table 2. Table with values for common materials at 80-120 MHz. Note the significant change in conductivity with respect to several saturated versus unsaturated materials. Modified from Neal (2004).

- $V_{EMW} < \text{dielektromos konduktivitás} < \text{víz tartalom} + \text{magas vezetőkép. Anyagok} \gg \text{ha d.á. kicsi, V nagy; ha elektr. Vez. Kicsi, attenuáció kicsi.}$
- rabbit warrens Stott 1996; badgers Nichol et al. 2003; gopher tortoises Kinlaw et al. 2007, 2012; pocket gophers Cortez et al. 2013; wombat Swinbourne 2014, 2015; zokor Klovok et al. 2016
- diel.áll.: járat levegő vs. Talaj--kontrasztos



Járatrendszerek szerkezetének leírása (Swinbourne et al. 2014, 2015; Reynolds 1997)



• $V_{EMW} < d$
d.á. kicsi, V_{EMW}

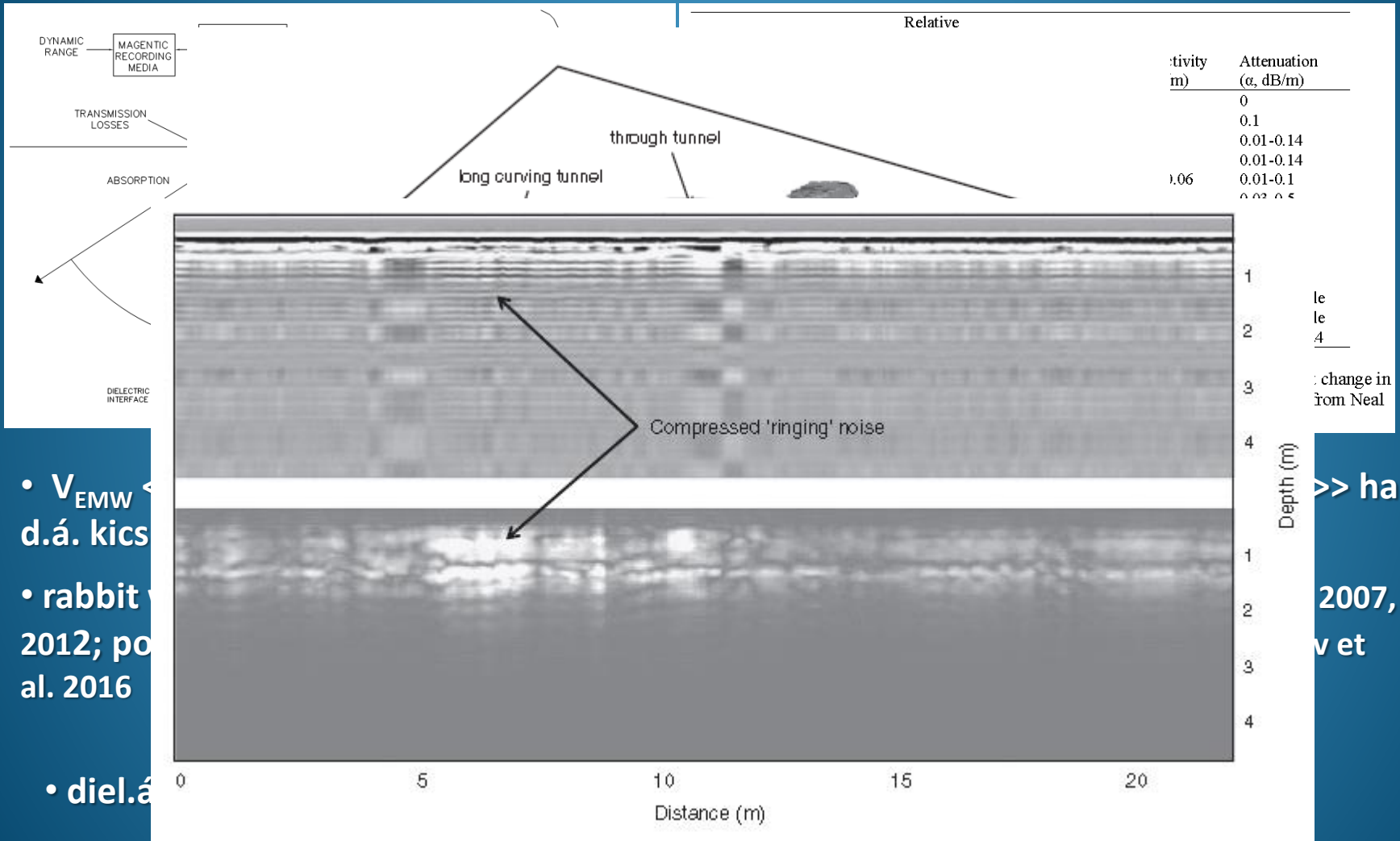
• rabbit warrens Stott 1996; badgers Nichol et al. 2003; gopher tortoises Kinlaw et al. 2007, 2012; pocket gophers Cortez et al. 2013; wombat Swinbourne 2014, 2015; zokor Klokov et al. 2016

Anyagok >> ha

• diel.áll.: járat levegő vs. Talaj--kontrasztos



Járatrendszerek szerkezetének leírása (Swinbourne et al. 2014, 2015; Reynolds 1997)

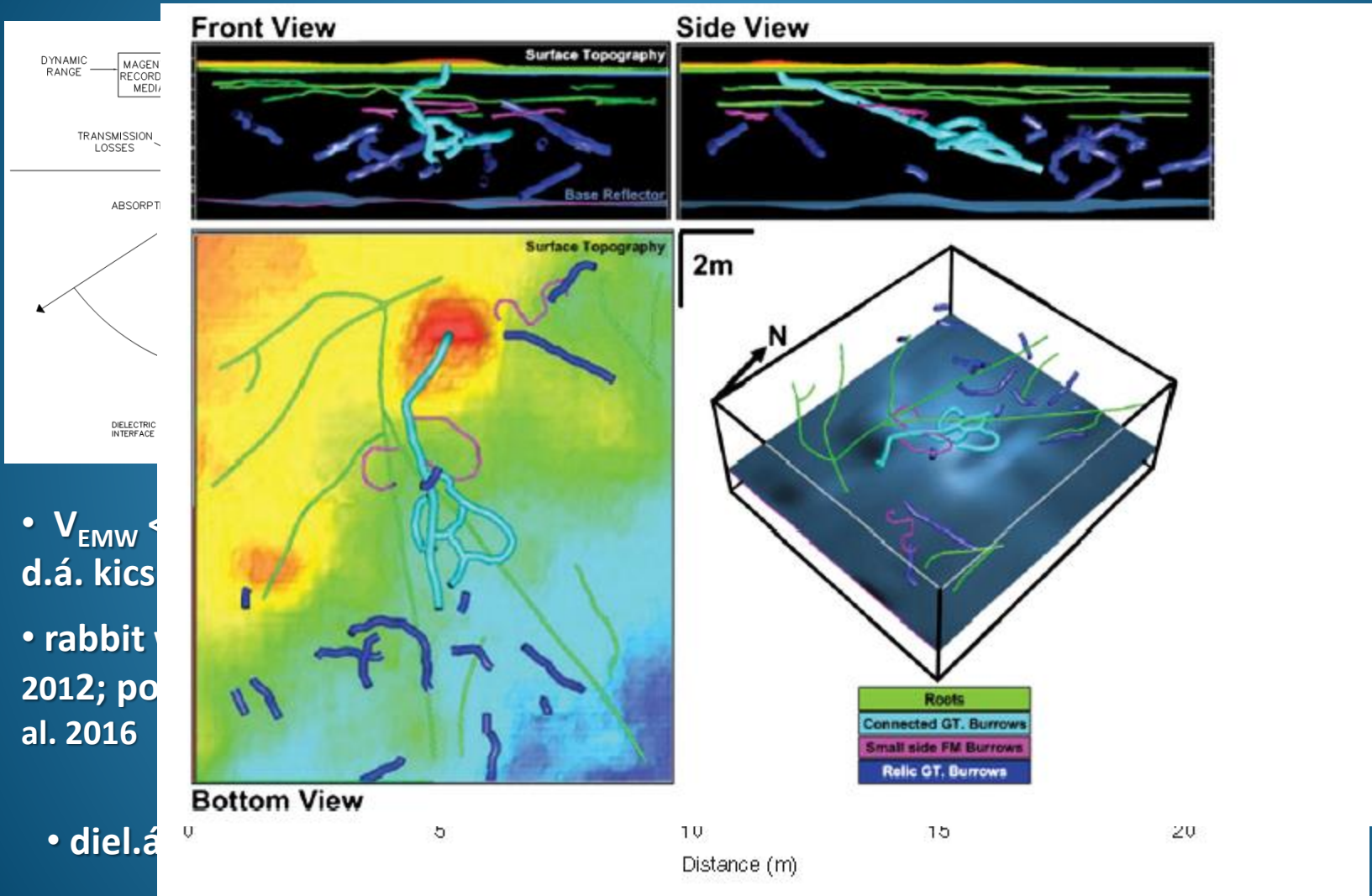


- V_{EMW} <
- d.á. kics
- rabbit
- 2012; po
- al. 2016
- diel.á

>> ha
2007,
v et



Járatrendszerek szerkezetének leírása (Swinbourne et al. 2014, 2015; Reynolds 1997)



- V_{EMW} <
- d.á. kics
- rabbit
- 2012; po
- al. 2016
- diel.á

e
e
t
change in
rom Neal

>> ha
2007,
v et



**KÖSZÖNJÜK
A MEGTISZTELŐ
FIGYELMET**

