

Aktív és passzív távérzékelési adatokon alapuló operatív belvíz monitoring alapjainak kidolgozása és a további fejlesztési irányok

Boudewijn van Leeuwen, Kovács Ferenc, Tobak Zsolt

Szegedi Tudományegyetem
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék



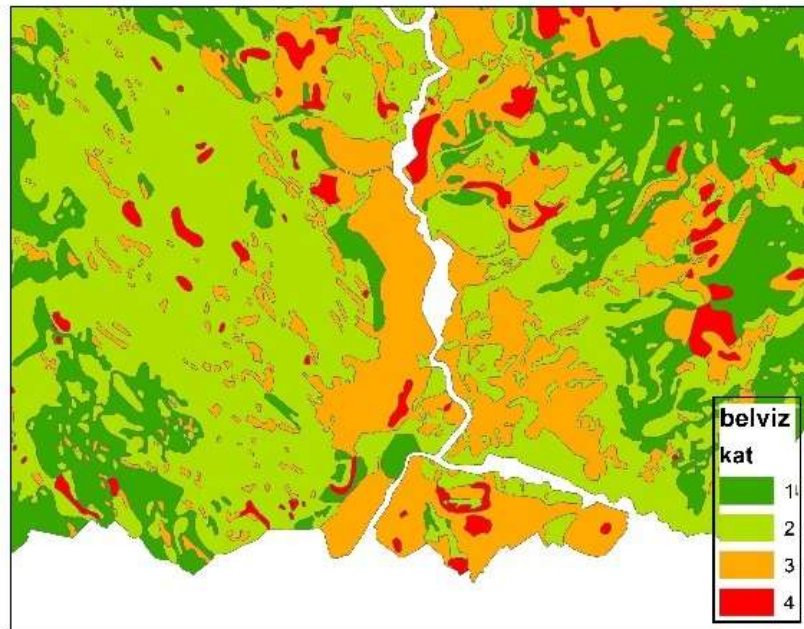
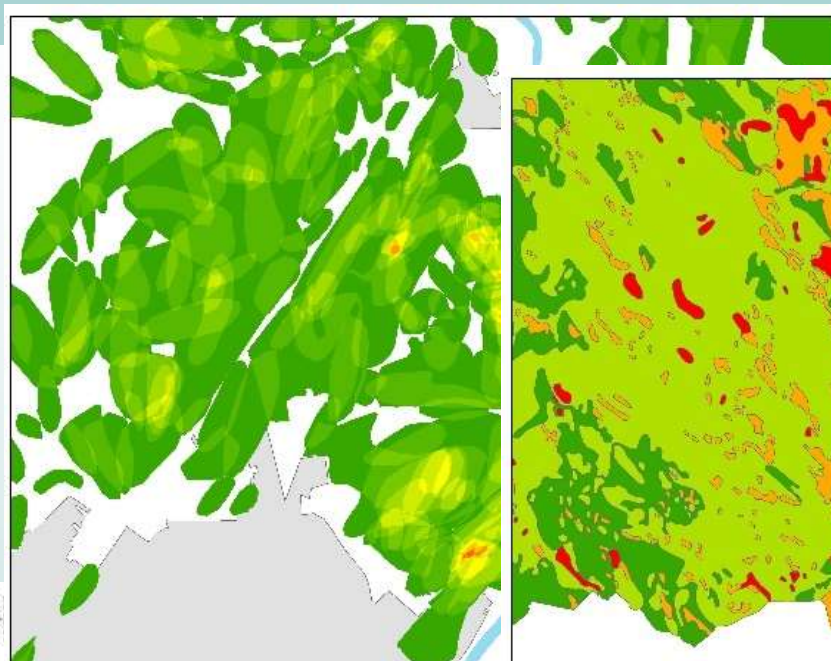
Belvíz térképezés okai

- A belvizeket okozó (azzal összefüggésben lévő) tényezők és folyamatok megértése
- Az elöntések helyének és mértékének meghatározása, a jövőbeni károk csökkentése és megelőzése érdekében
- Az elöntések helyének, méretének és időtartamának előrejelzése a megelőzésen alapuló tervezés érdekében



Belvíz térképezés I. - Terepi felmérések

- Vízügy
- Előfordulás
- Gyakoriság
- Változó pontosság



Belvíz térképezés II - Belvíz-veszélyeztetettségi térképezés

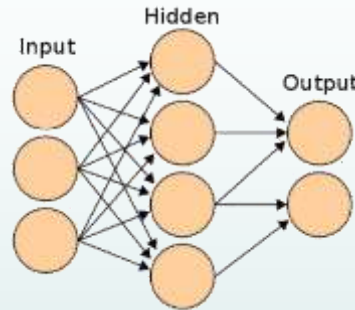
Pálfai (2004)

Bozán, Körösparti (2005)

Belvíz térképezés III - Távérzékelésen alapuló modellezés



- Drónos felvételek
- Légifelvételek
- Műholdképek
 - (szemi) Automatikus kiértékelés
 - Nagy területekre



Belvíz térképezés IV. – Hidrológiai model- lezés

- Sok bemeneti adat
- Kis területekre
- Pontos
- Előrejelzés



Koncepcionális modell



$$\text{WIEWI}_{t,i,j} = \text{MASK} * f(\text{WIEWI}_{t=-2}, \text{WIEWI}_{t=-1}, df, sf, gm, rsf)$$

WIEWI = weekly inland excess water index (heti belvízelöntési index)

t, i, j = idő, oszlop, sor

MASK = bináris maszk azon területekkel, ahol belvíz nem fordulhat elő, pl. állandó vizek és egyéb területhasználatok

WIEWI_t = korábbi időszakok belvízelöntéseit leíró faktor (pl. 2 héttel korábban 0,25, 1 hete 0,5)

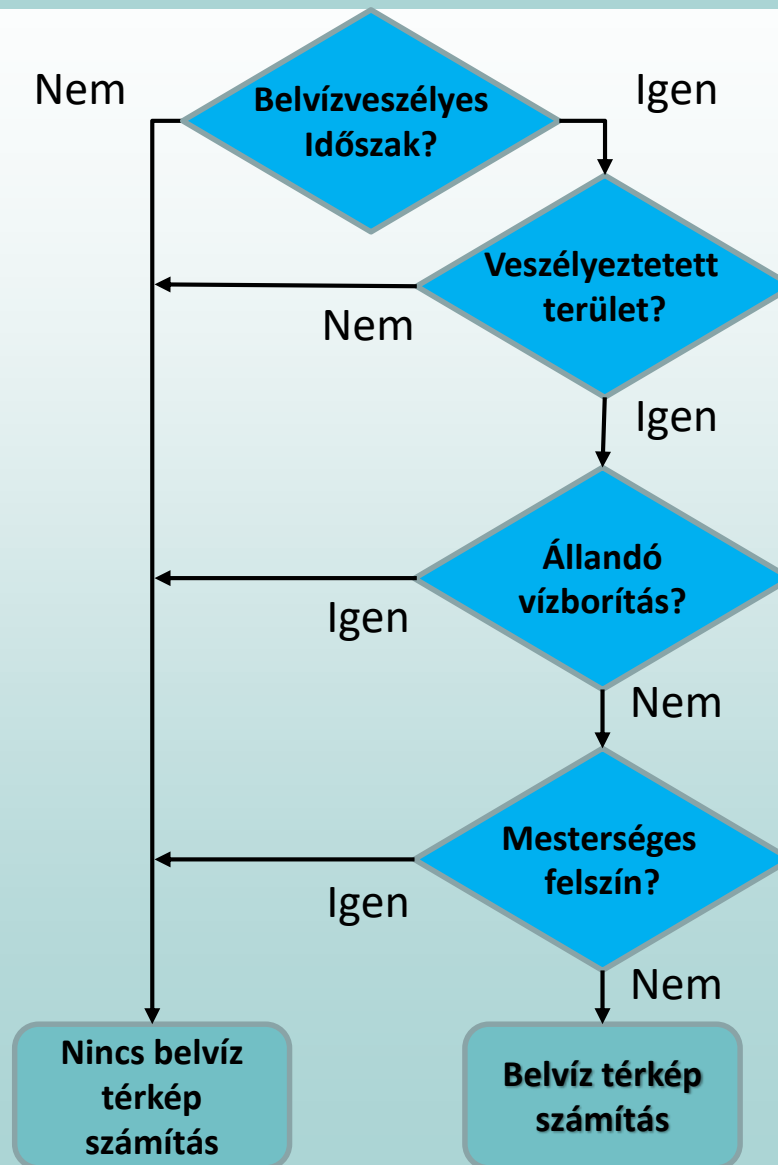
df = dinamikus tényezők, mint pl. csapadék, párolgás, hőmérséklet

sf = statikus tényezők: Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettség térkép (talaj, geológia, domborzat, területhasználat)

gm = terepi mérések

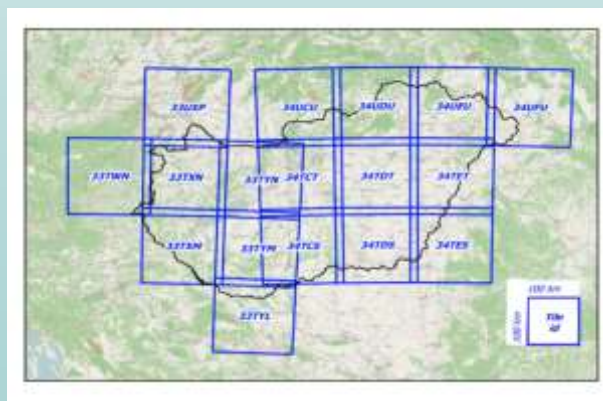
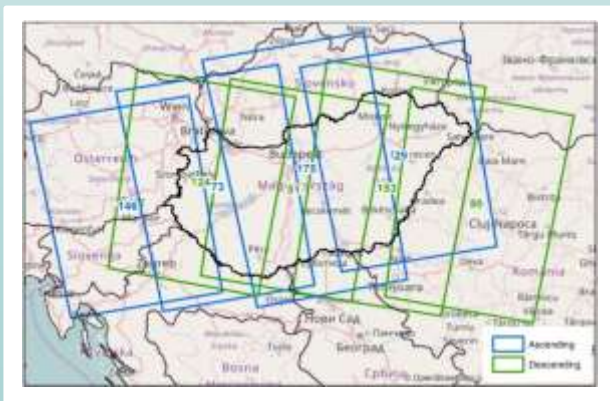
rsf = **távérzékelési tényező: aktív: SAR / passzív: optikai**

Mikor számoljunk távérzékelési tényezőt?



Radaros és Optikai távérzékelés

- Sentinel 1A, 1B sz=250 km, C sáv, kétféle polarizáció (VV+VH, HH+HV), kb. 6 naponta, p=5x20 m
- Sentinel 2A, 2B sz=290 km, 13 spektrális sáv (LF-NIR-MIR), kb. 5 naponta, p=10-20-60 m, 12 bit
- Landsat 8 sz=185 km, 11 spektrális sáv (LF-NIR-MIR), 16 naponta, p=15-30-100 m, 8 bit



Sentinel 1A, 1B, Sentinel 2A, valamint a LANDSAT 8 felvételek elhelyezkedése

Távérzékelési adatforrások összehasonlítása



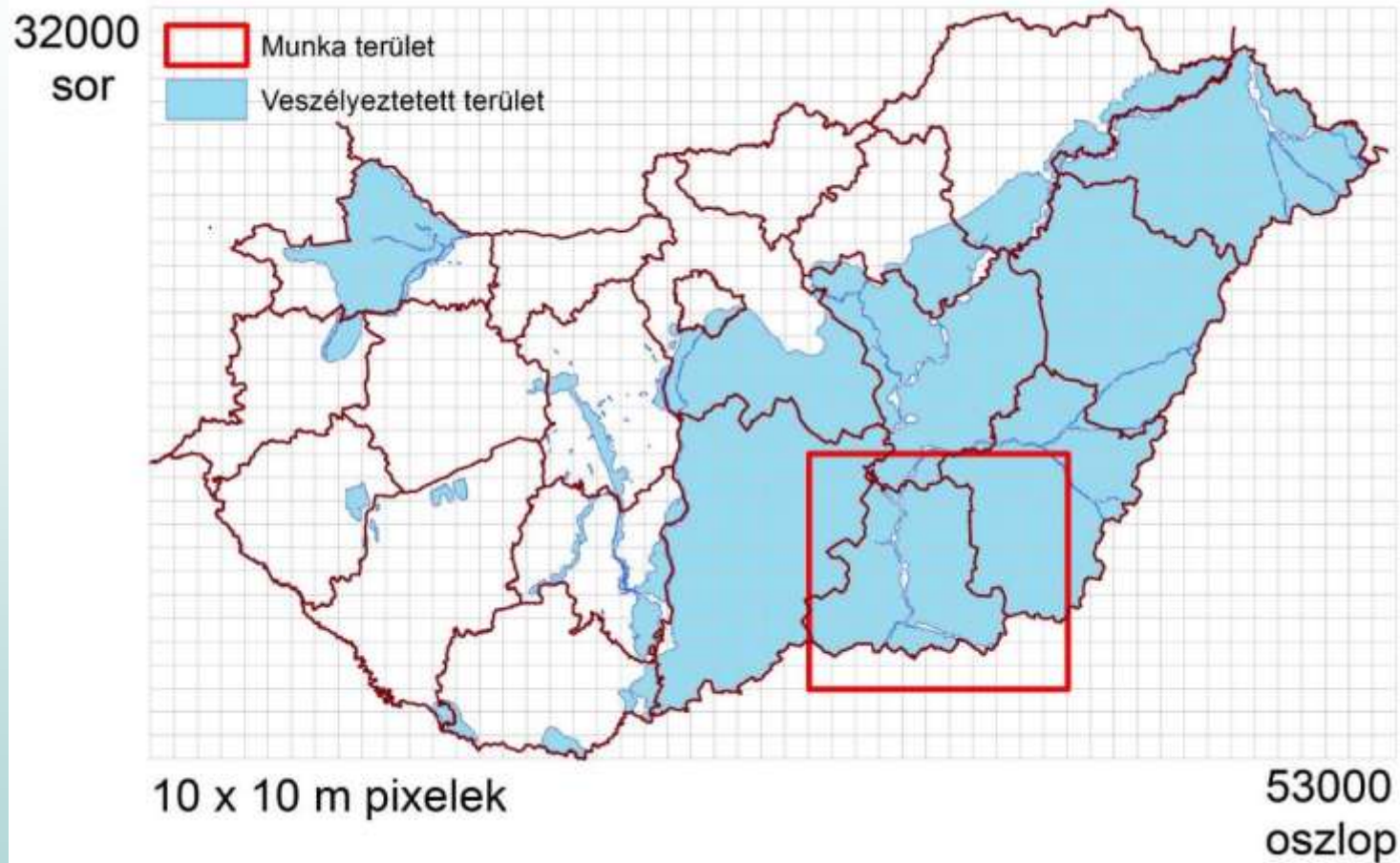
		Specifikációk	Előnyök	Hátrányok	Módszerek
Aktív	S1	2 felvétel/hét Felbontás: 20 x 5 m 2 polarizáció (VV, VH) ~250 x 170 km	Éjjel-nappal használható, atmoszférikus hatások nem befolyásolnak, stabil visszaverődési jelek a hasonló objektumokról	Feldolgozási nehézségek, speckle zaj, geometria, esetenként tisztázatlan jelek	Küszöbérték meghatározás, Idősoros változás-elemzés
	S2 (LS8 OLI) osztályozás	1 felvétel/hét Felbontás: 10, 20 és 60 m (30 m) 13 spektrális sáv (VNIR, SWIR) ~ 290 x 290 km	Jó felbontás, „egyszerű” előfeldolgozás, több dimenziós adattér	Gyakori atmoszférikus zavaró hatások, az időfelbontás bizonytalan	Automatikus osztályozás, Statisztikai elemzés, Irányított osztályozás
Passzív	S2 (LS8 OLI) indexek	1 felvétel/hét Felbontás: 10, 20 és 60 m (30 m) 13 spektrális sáv (VNIR, SWIR) ~ 290 x 290 km	Jó felbontás, „egyszerű” előfeldolgozás	Gyakori atmoszférikus zavaró hatások, Szubjektív küszöbérték meghatározás	Statisztikai elemzés, Küszöbérték meghatározás, Arány számítás

Különböző adatforrások időbeli elérhetősége

	1. hét	2. hét	3. hét	4. hét	5. hét	6. hét	7. hét	8. hét	...
	0104-0110	0111-0117	0118-0124	0125-0131	0201-0207	0208-0214	0215-0221	0222-0229	...
S1	3.nap	5.	3.	5.	2.	5.	3.	6.	...
S2	5.nap			3.					...
LS8	1.nap		2.				3.		...
....									
Minőség	3 db	1	2	2	1	1	2	1	...

Különböző szenzorok felvételei eltérő napokon készülnek →
 Összehangolás szükséges → heti összegző térképek

Térbeli kiterjedés / mintaterület



- Veszélyeztetett területek (Pálfi)
- Jelen vizsgálat az ATIVIZIG területén
- Mozaikolás szükséges (mozaikok frissülnek)

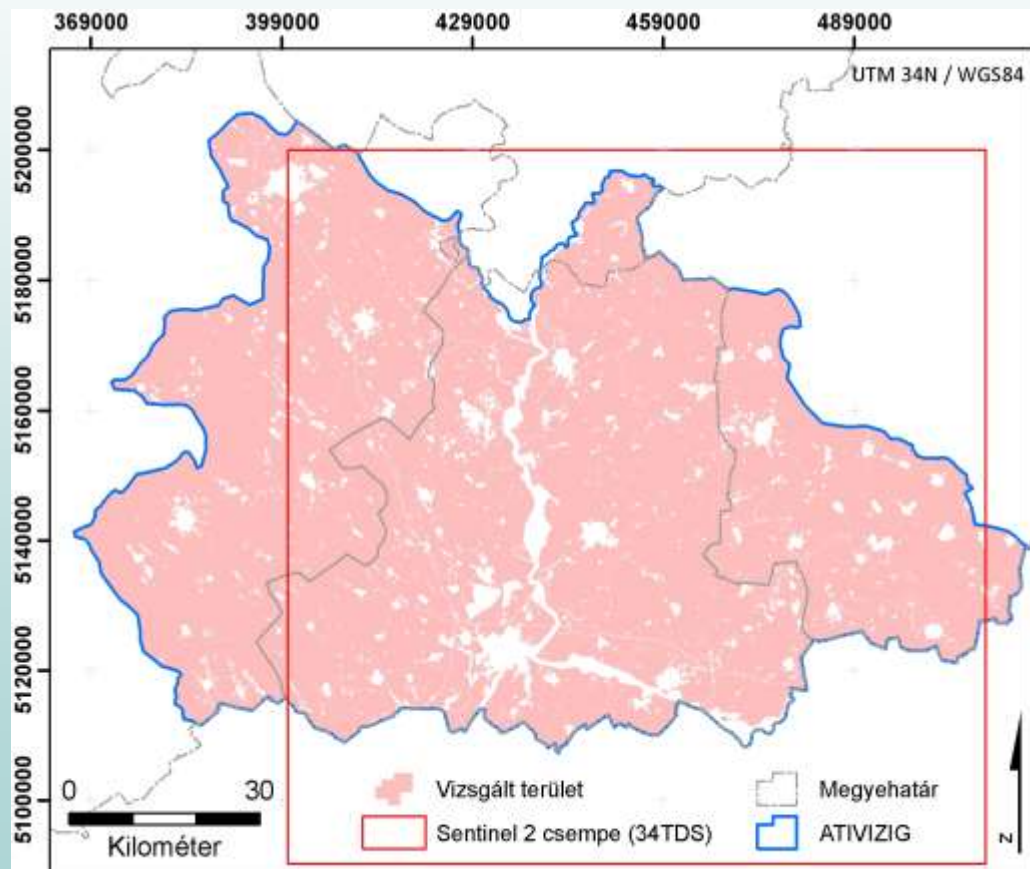
$$\text{WIEWI}_{t,i,j} = \text{MASK} * f(\text{WIEWI}_{t=-2}, \text{WIEWI}_{t=-1}, \text{df}, \text{sf}, \text{gm}, \text{rsf})$$

- Állandó vízfelületek
- Időszakosan elöntött felszínek (mocsár, halastó)
- Hullámtér
- Település belterületek
- Főbb aszfaltozott utak
- Főbb vasútvonalak
- Egyéb mesterséges felszínek

(CLC2012, CLC50, HRL, DTA-50, Pálfa belvíz-veszélyeztetettségi térkép alapján)

$$\Sigma_{\text{maszk}} = 789 \text{ km}^2$$

ATIVIZIG területének kb. 9%-a



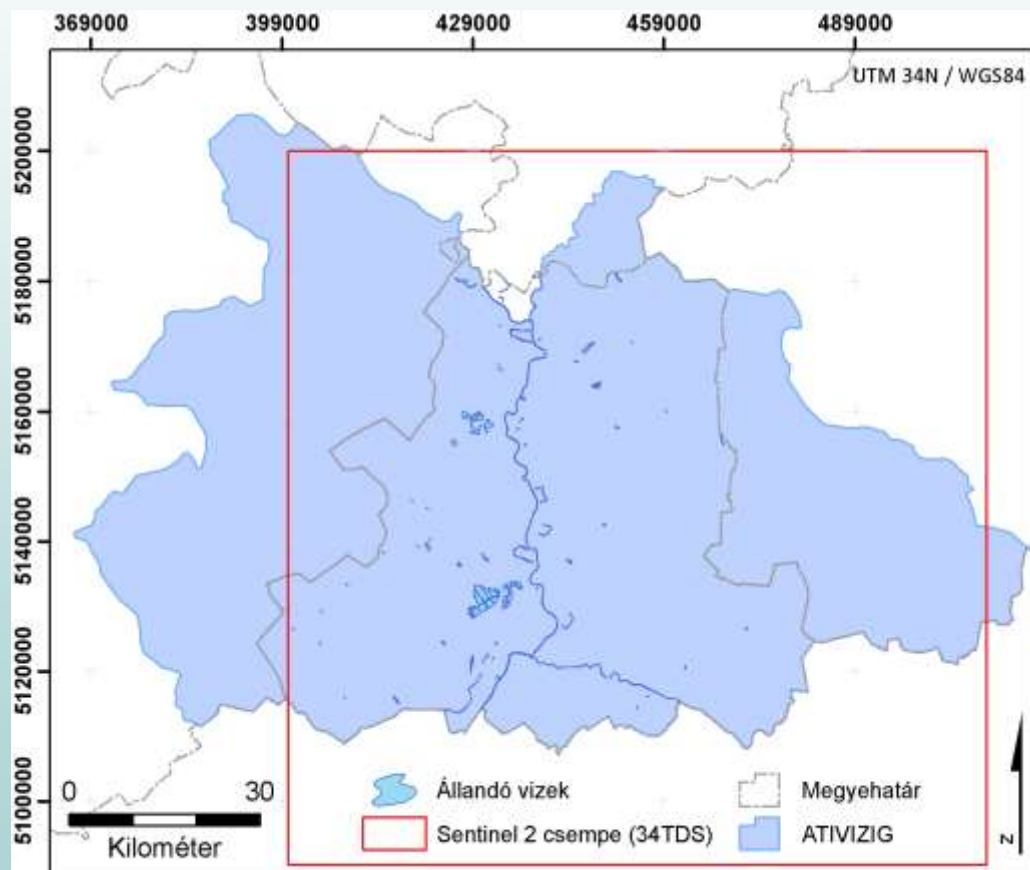
Belvízelöntéssel vizsgált terület maszk rétege az ATIVIZIG területén.

Kiegészítő Maszk rétegek - tanulóterület



Nyílt víz maszk réteg a belvíz tanulóterületes lehatárolásához:

- Nyílt vizek meghatározása CLC2012, CLC50, DTA-50, HRL alapján
- Aktualizálás vizuális interpretációval:
 - 2014-2015. évi nagy felbontású műholdképek (GEarth)
 - 2016.03.17-ei LANDSAT műholdkép
- Vizek határait a vízparti növényzet és a vízi infrastruktúra alapján határoztuk meg.
- Min. 2 ha terület

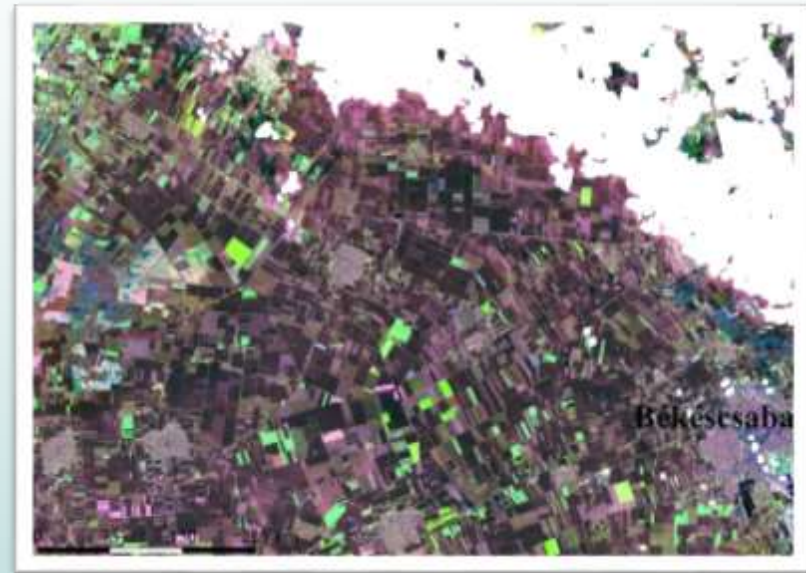


*Állandó vizek referencia rétege
Csongrád megye területén*

Kiegészítő Maszk rétegek - felhőmaszk

Optikai adatoknál a felhővel, felhőárnyékkal fedett területek megfigyelésére nincs mód

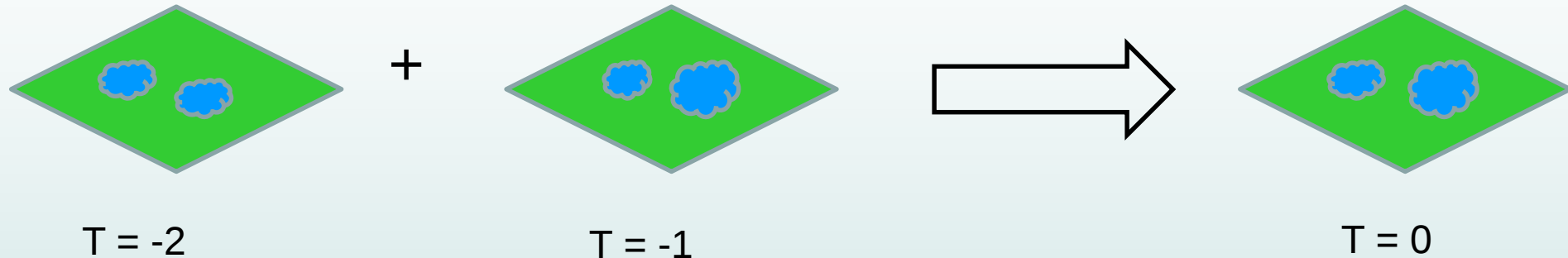
- Sentinel 2 adatok:
SNAP Sen2Cor modullal végrehajtott atmoszférikus korrekció kimeneti rétege a Scene Classification; értékei:
3 (felhőárnyék), 9 (valószínűleg felhő)
- LANDSAT 8 felszíni reflektancia adatállomány:
CF_mask réteg értékei:
2 (felhőárnyék), 4 (felhő)



	február	<i>felhő- fedettség (%)</i>	március	<i>felhő- fedettség (%)</i>	április	<i>felhő- fedettség (%)</i>	május	<i>felhő- fedettség (%)</i>
2016								
186/27	02.07.	32	-	-	-	-	05.29.	35
186/28	02.07.	61	-	-	-	-	-	-
187/27	02.14.	57	03.17	1	04.02.	7	05.20.	5
187/28	02.14.	2	03.17.	4	04.02. 04.18.	16 29	05.20.	44
188/27	02.05.	22	03.24.	17	-	-	05.27.	6
188/28	-	-	03.24.	49	-	-	05.27.	1

LANDSAT 8 adatok elérhetősége az Alföldre (2016. II-V.)

$$\text{WIEWI}_{t,i,j} = \text{MASK} * f(\text{WIEWI}_{t=-2}, \text{WIEWI}_{t=-1}, \text{df}, \text{sf}, \text{gm}, \text{rsf})$$



- Ha egy megelőző időpontban előfordult belvíz a területen, nagyobb az esély, hogy ott most is vízborítás van.
- Minél korábban volt ez az előntés, annál kisebb a hatása a számításban.
- Időben is dinamikus térképezés, valószínűségi kategóriák.

$$\text{WIEWI}_{t,i,j} = \text{MASK} * f(\text{WIEWI}_{t=-2}, \text{WIEWI}_{t=-1}, \text{df}, \text{sf}, \text{gm}, \text{rsf})$$

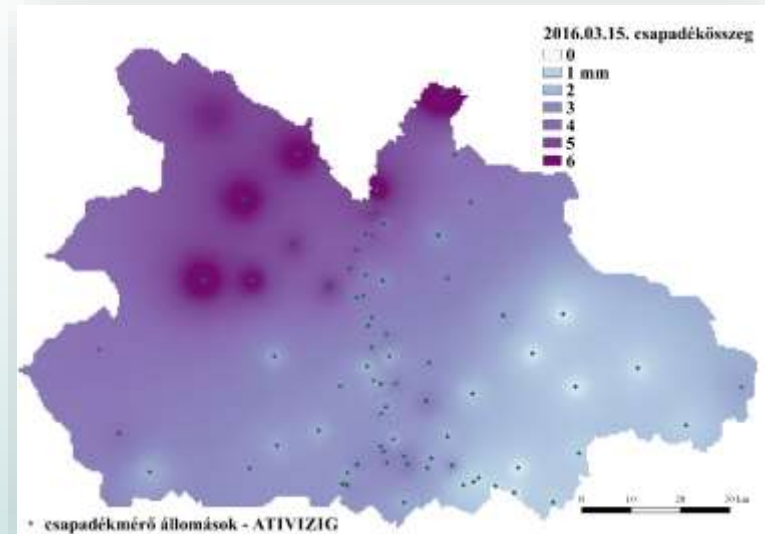
- Dinamikus tényezők (előfeltételek)

- csapadék
- párolgás
- hőmérséklet

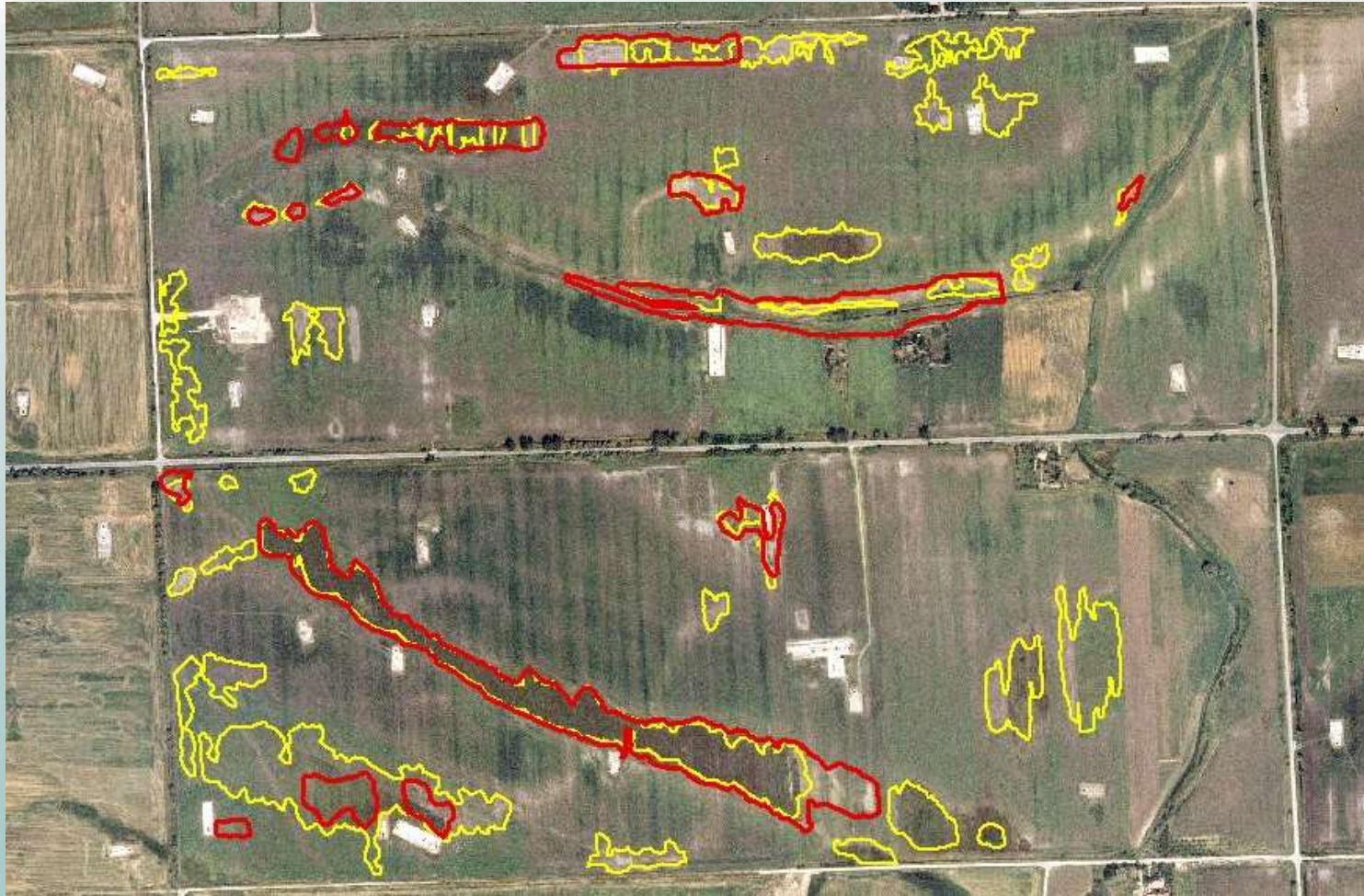
- Statikus tényezők (előfeltételek)

- talaj
- geológia
- domborzat
- területhasználat

**Pálfai-féle belvíz-
veszélyeztetettségi térkép**



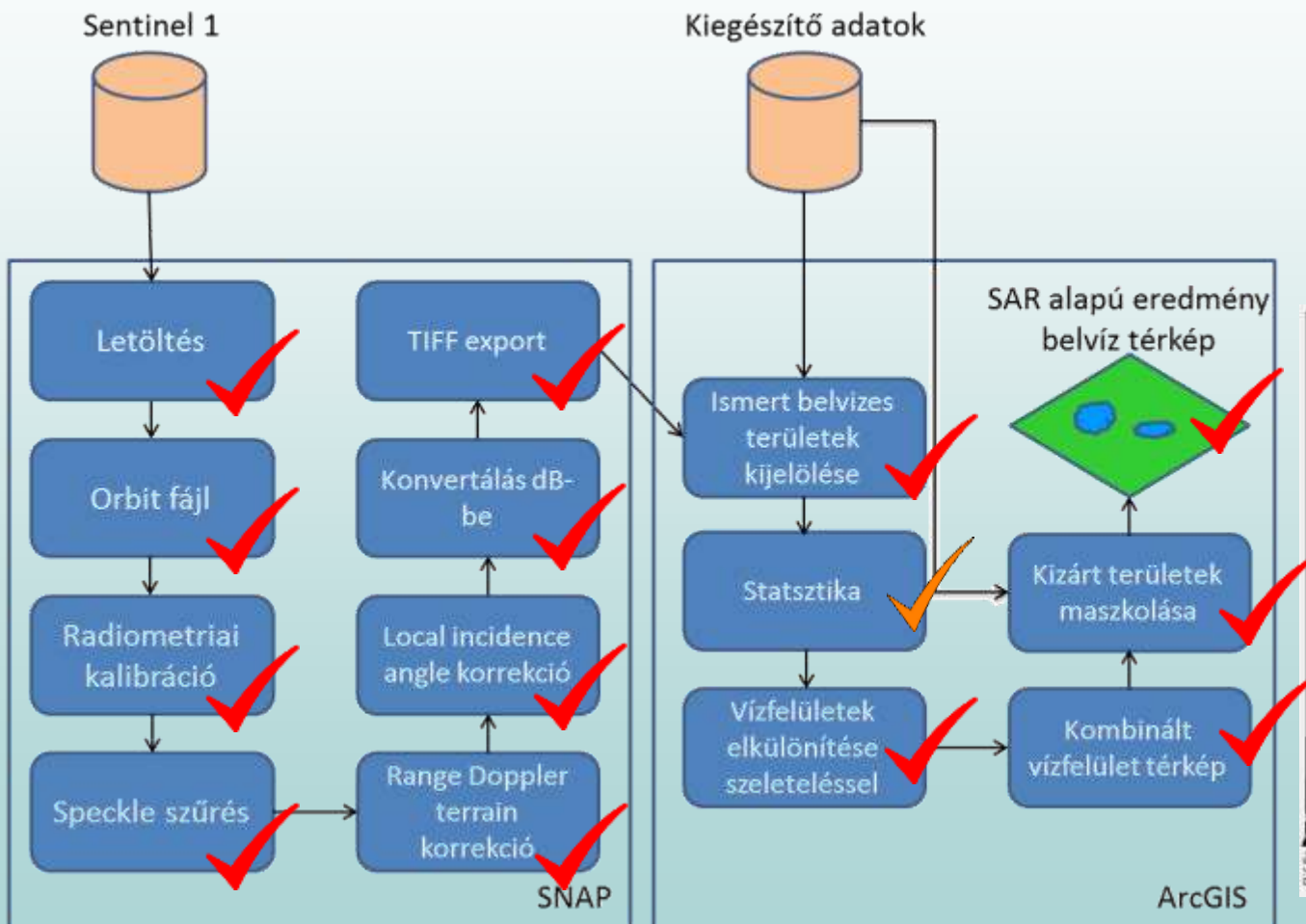
$$\text{WIEWI}_{t,i,j} = \text{MASK} * f(\text{WIEWI}_{t=-2}, \text{WIEWI}_{t=-1}, \text{df}, \text{sf}, \text{gm}, \text{rsf})$$



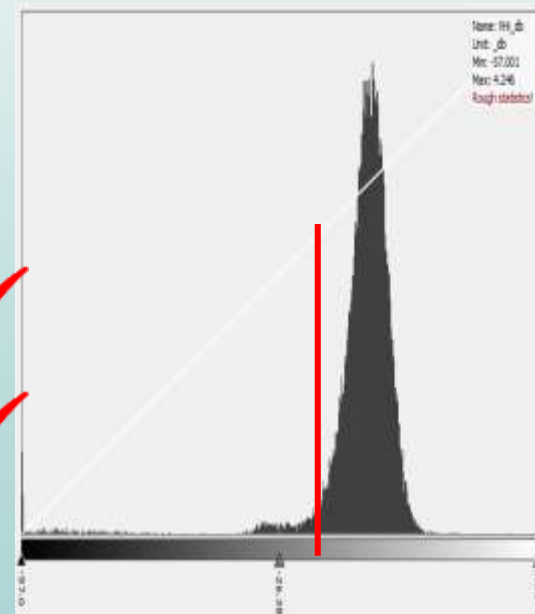
Terepi mérés (RTK GPS, drón)

Aktív adatok (radar)

Sentinel 1A és 1B műholdak SAR adatainak előkészítése



Spektrális
küszöbérték



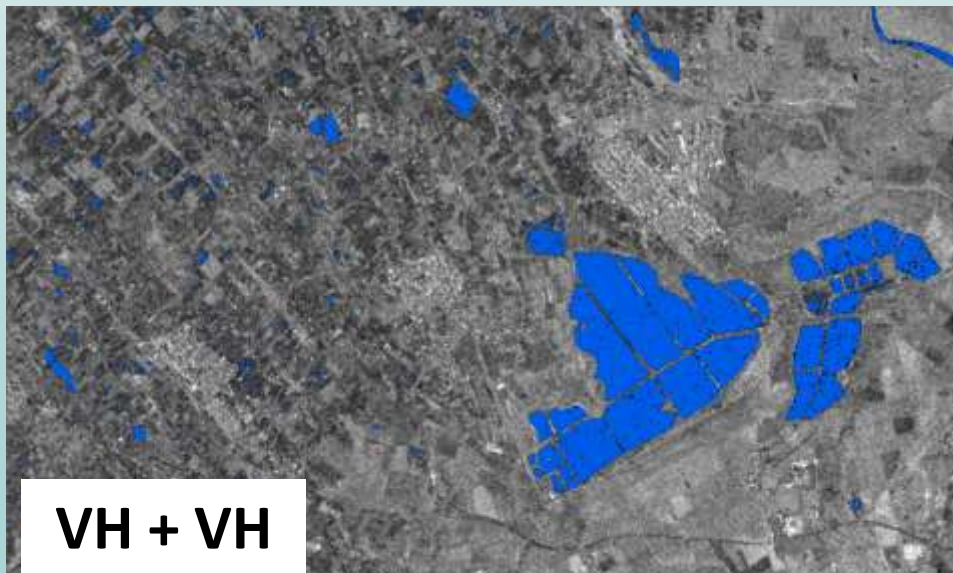
Eredmény: bináris belvízterkép (van/nincs)

Aktív adatok

Sentinel 1A polarizációi:

- VV: vertikális-vertikális
- VH: vertikális-horizontális

Kihívás: nyilvánvaló túlbecslés

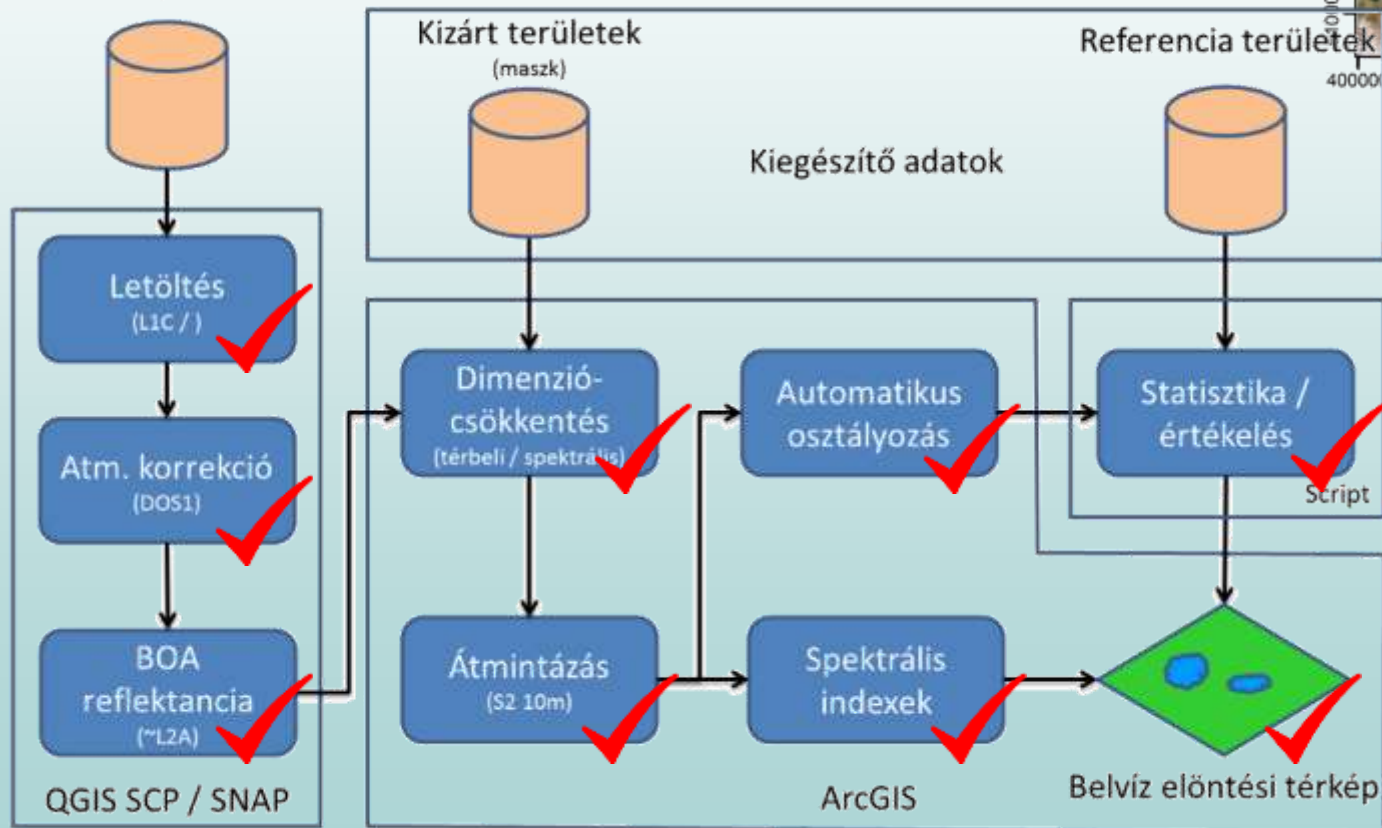


Megoldás: a két sáv kombinációja

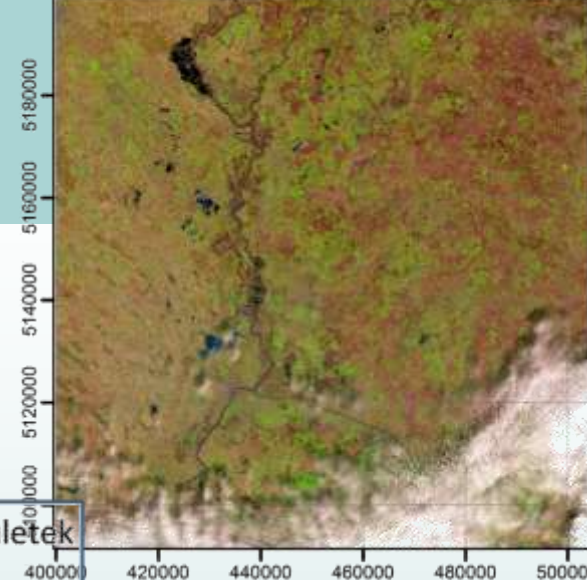
Passzív adatok (multispektrális)

Sentinel 2A és 2B (2017), Landsat 8 (LS8SR)

Sentinel 2 / Landsat 8



Eredmény: bináris belvízterkép (van/nincs)



Passzív adatok (multispektrális)

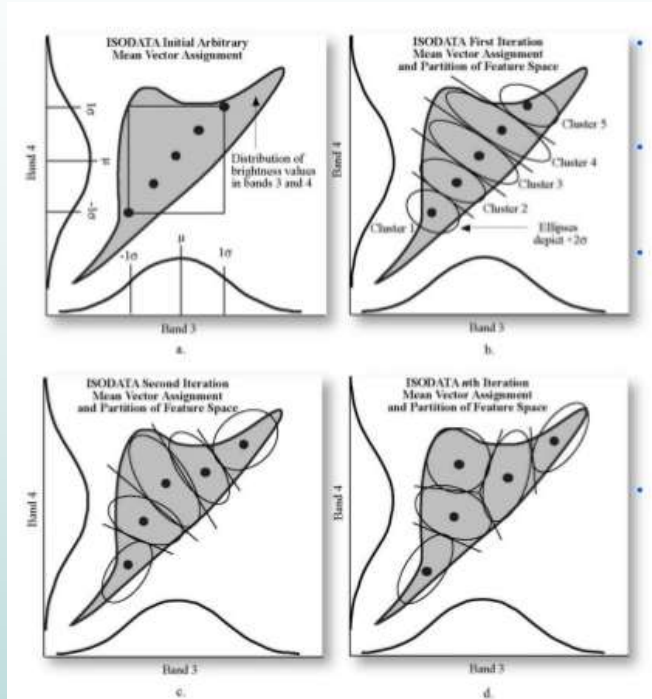


Osztályozás

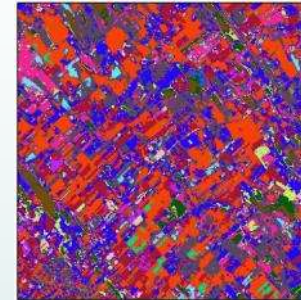
- Kihívás: időjárási körülmények / vízfelület detektálás
 - Megoldás: felhőmaszk / referencia osztályhoz viszonyított spektrális szeparabilitás számítása
 - Automatikus osztályozás → osztályozott térképek + osztály statisztikák (mean, covariancia mátrix)
 - Referencia területek → referencia statisztika
 - Adattérbeli távolságok számítása (referenciához viszonyított szeparabilitás)
- Osztályok értékelése és sorba rendezése
- Referenciához spektrálisan legjobban illeszkedő osztály

Passzív adatok (multispektrális)

Iso Cluster Unsupervised Classification



Referencia osztály (állandó vizek)



- Osztályozott kép
- Osztály statisztikák

#	Class ID	Number of Cells	Class Name			
	1	17458				
#	Layers	1	2	3	4	5
means		3,110575e-002	3,219152e-002	3,592720e-002	4,233400e-002	5,608547e-002
covariance						
1		1,810100e-004	1,884439e-004	1,939258e-004	1,897062e-004	1,913287e-004
2		1,884439e-004	2,287226e-004	2,270288e-004	2,338891e-004	1,850321e-004
3		1,939258e-004	2,270288e-004	2,632948e-004	2,704361e-004	2,444027e-004
4		1,897062e-004	2,338891e-004	2,704361e-004	3,366364e-004	3,438909e-004
5		1,913287e-004	1,850321e-004	2,444027e-004	3,438909e-004	5,724837e-004
6		1,955739e-004	1,836610e-004	2,536105e-004	3,674171e-004	6,402641e-004
7		1,796629e-004	1,585366e-004	2,353583e-004	3,240786e-004	5,978789e-004
8		1,671430e-004	1,326994e-004	2,135905e-004	3,233463e-004	6,625836e-004
9		5,774044e-005	-1,340989e-005	6,323390e-005	7,604407e-005	3,431920e-004
10		3,591335e-005	-1,804996e-005	3,592686e-005	3,037644e-005	1,990816e-004

mean

covariance

Euklidészi távolság

$$D_{AB} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}$$

Spektrális szögeltérés

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{\|\vec{a}\| \cdot \|\vec{b}\|} \right)$$

Spektrális szeparabilitás vizsgálata

$$\alpha = \frac{1}{8} (\mu_i - \mu_j)^T \left(\frac{C_i + C_j}{2} \right)^{-1} (\mu_i - \mu_j) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{|(C_i + C_j)/2|}{\sqrt{|C_i| \times |C_j|}} \right)$$

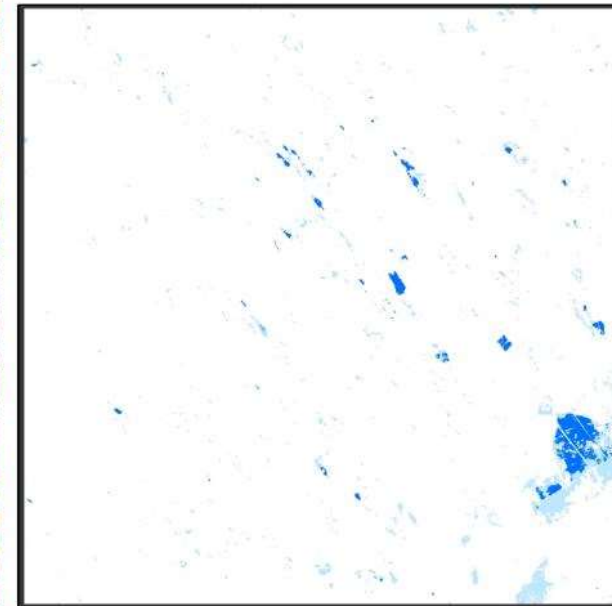
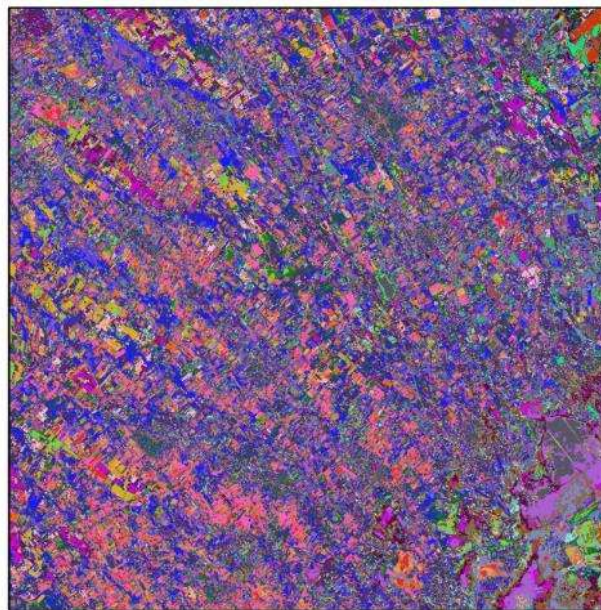
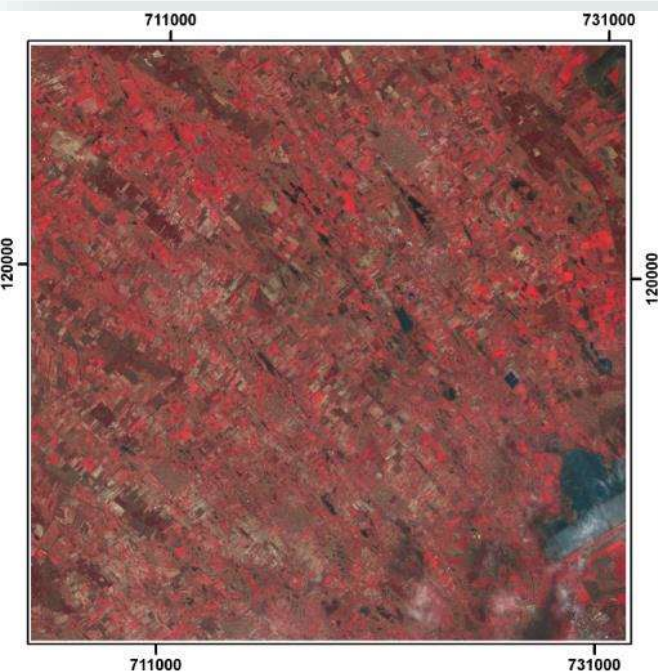
$$JM_{ij} = \sqrt{2(1 - e^{-\alpha})}$$

Jeffries-Matusita távolság

...

SAM	50_01	ED	50_10	BCD	50_10
	25_01		15_01		25_09
	20_01		20_01		50_02
	50_50		25_09		50_05
	20_20		50_02		15_01
	25_25		25_01		20_08
	15_15		50_01		50_17
	50_44		20_08		20_02
	15_01		20_02		50_21
	20_18		50_05		25_04

Passzív adatok (multispektrális)



Index számítások



- Kihívás: időjárási körülmények / vízfelület detektálás
- Megoldás: felhőmaszk / index számítás és küszöbérték definiálás
- Passzív RS adatok – közeli és közepes infravörös spektrális tartalom
- Nyílt víz lehatárolás: magas reflektancia és elnyelés kontrasztja: zöld vs. infravörös. Közepes infravörös csökkenti a beépítettség zavaró hatását:

$$\text{MNDWI} = (\text{zöld} - \text{közepes infravörös}) / (\text{zöld} + \text{közepes infravörös})$$

$$\text{MNDWI}_{\text{Sentinel-2}} = (3.\text{sáv} - 11.\text{sáv}) / (3.\text{sáv} + 11.\text{sáv})$$

$$\text{MNDWI}_{\text{Landsat 8}} = (3.\text{sáv} - 6.\text{sáv}) / (3.\text{sáv} + 6.\text{sáv})$$

- Referencia statisztika

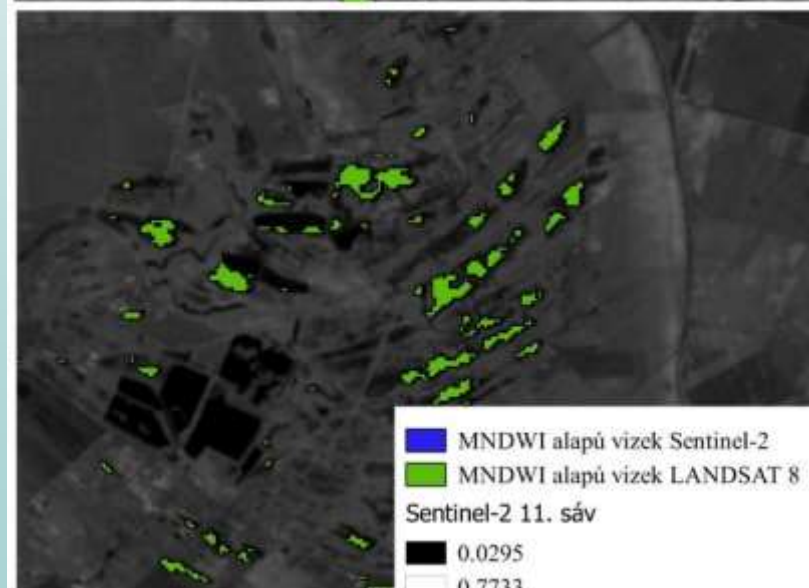
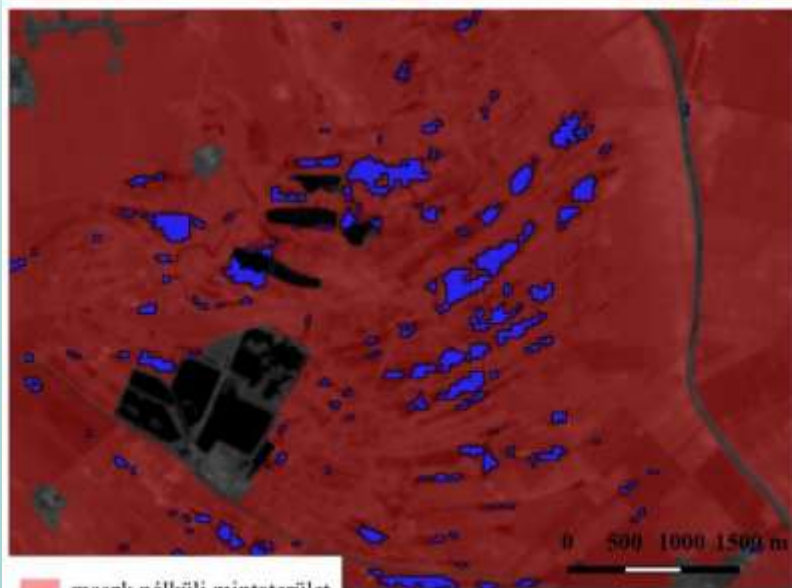
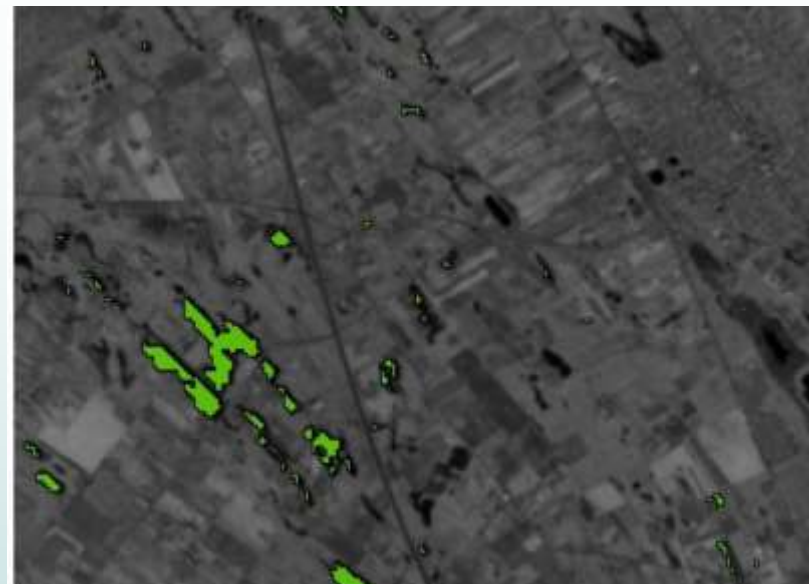
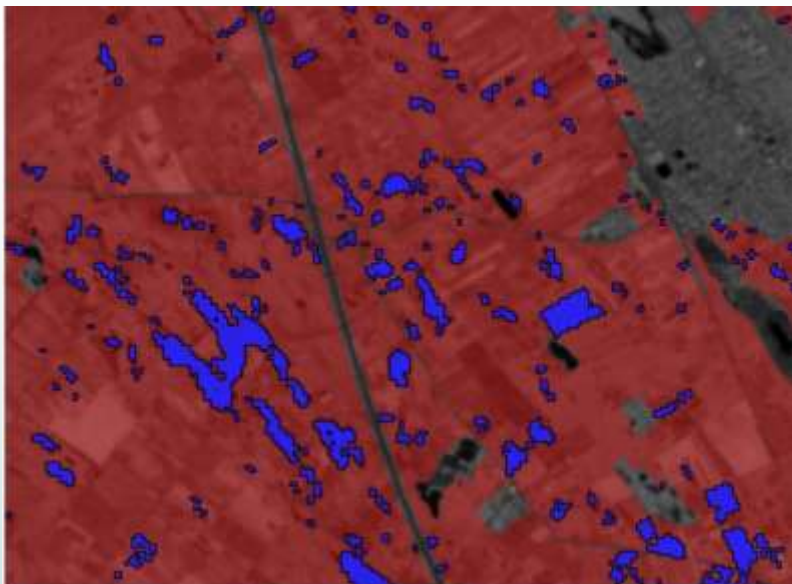
<i>Sentinel 2 (DOS)</i>	<i>band 3 - zöld (átlag)</i>	<i>band 11 - közepes infravörös (átlag)</i>	<i>MNDWI (átlag)</i>
állóvíz	0,042	0,028	0,25
beépített - település	0,050	0,21	-0,57
vegetáció - (EVI > 0,3)	0,039	0,32	-0,58
víz vs. beépített terület			0,8
víz vs. vegetáció			0,8

- Vizes terület – index küszöbértékek alapján:

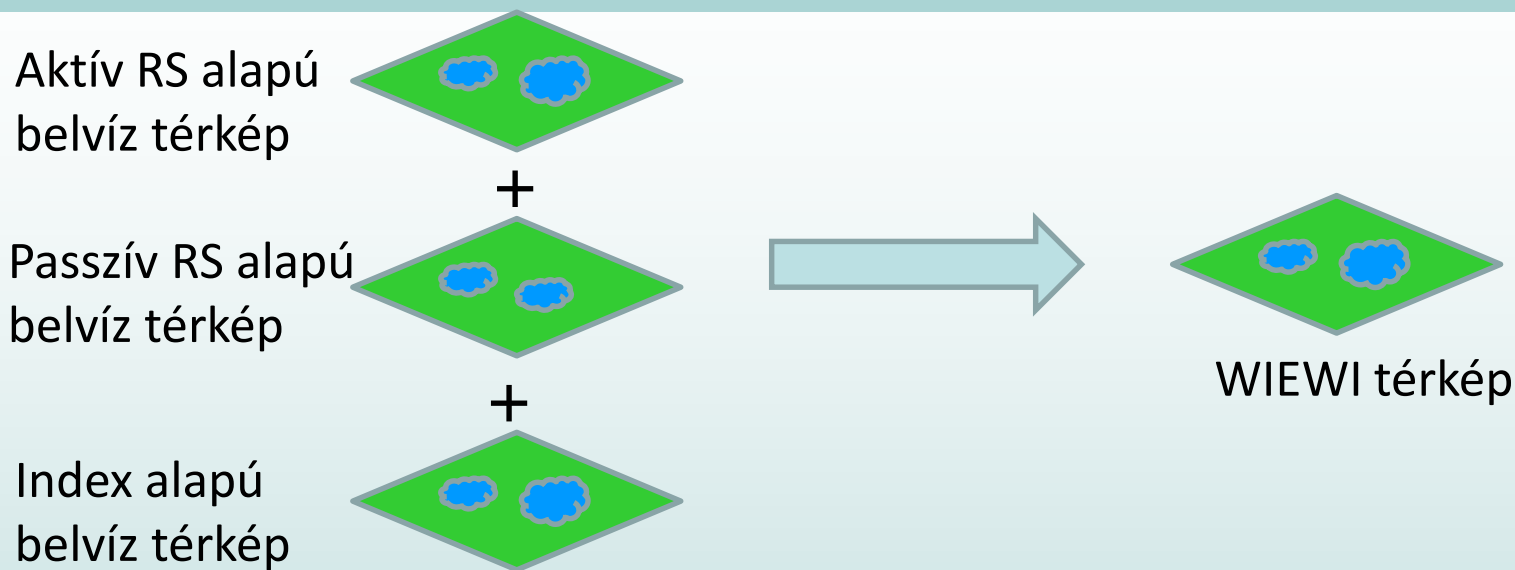
$$\text{MNDWI}_{\text{L8}} \geq -0,25, \text{ illetve } \text{MNDWI}_{\text{S2}} \geq -0,35$$

- Eredmény: bináris belvíz térkép (van / nincs vízborítás)

Index számítások



Részeredmények integrálása

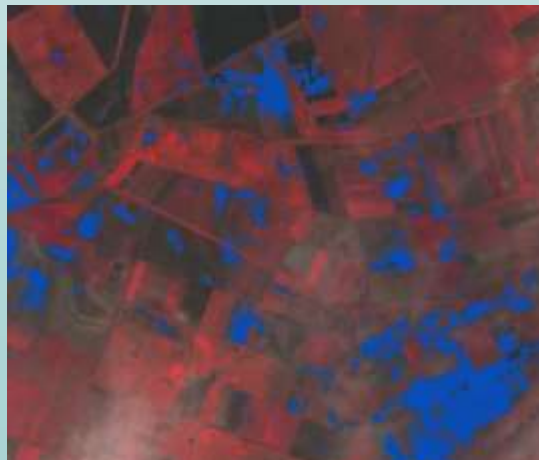


Dátum: 11. hét (2016. március 14-20.): Sentinel 1A, Sentinel 2A, Maszk térkép

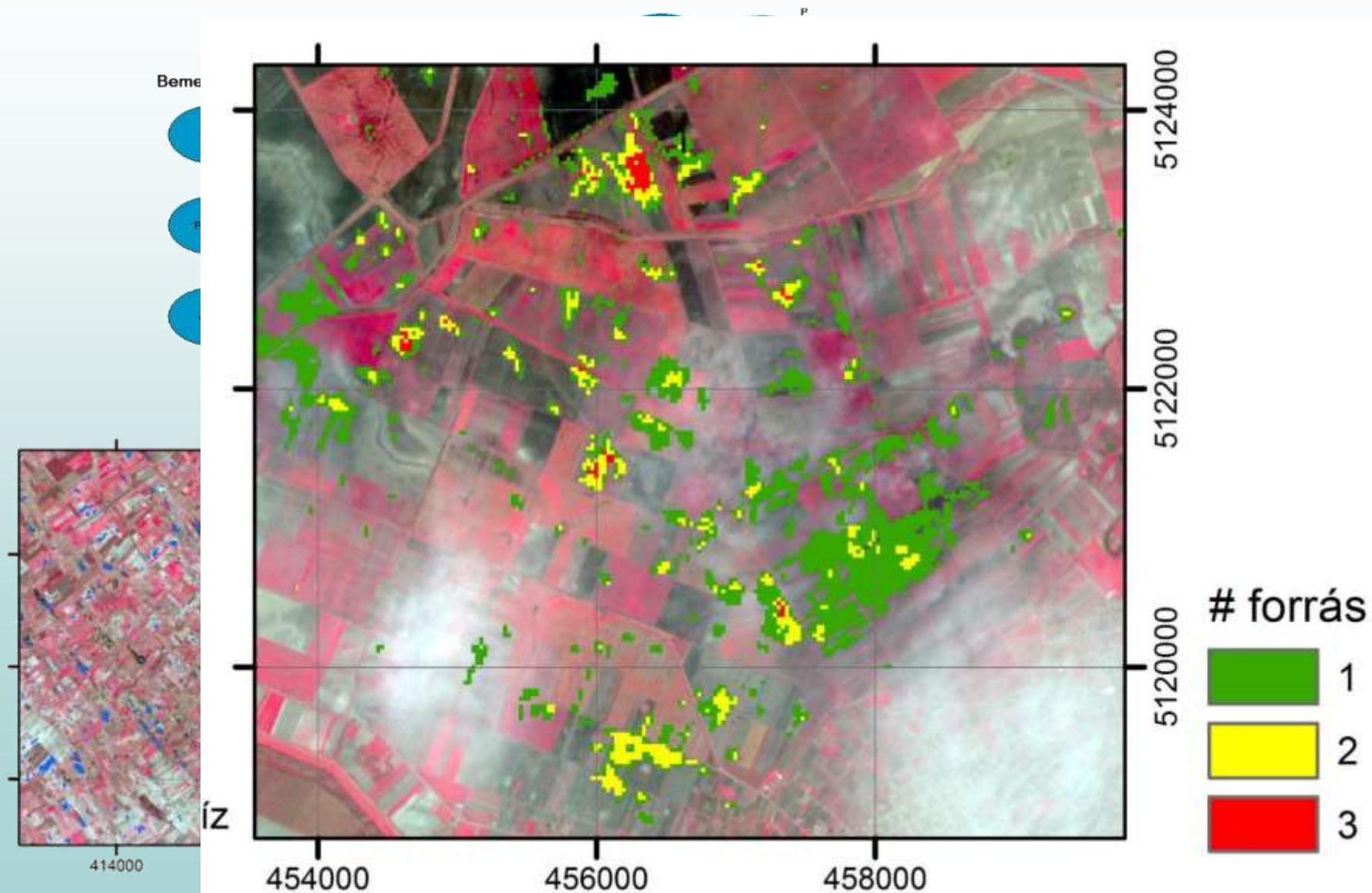
SAR alapú térkép

MS osztályozása

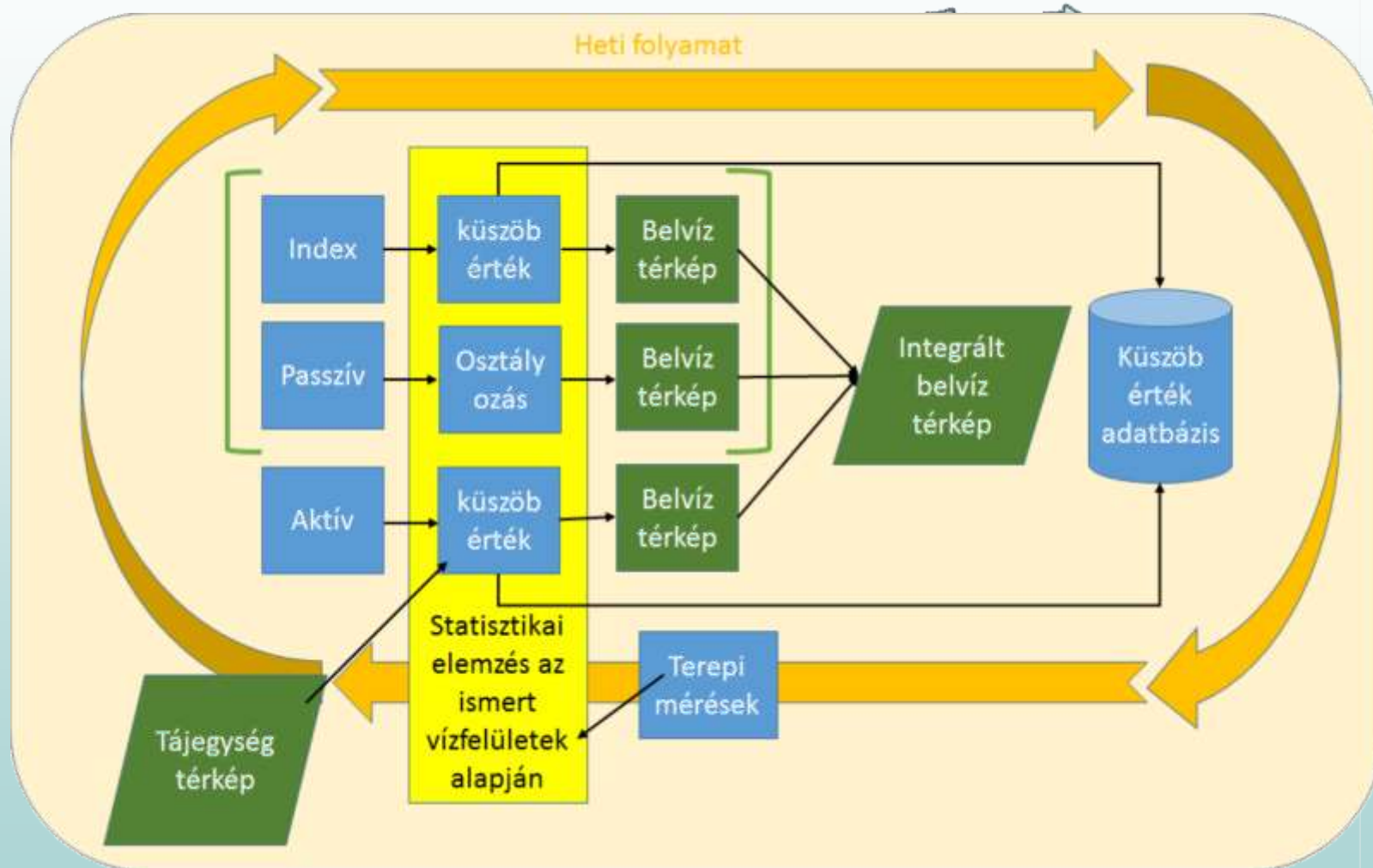
MNDWI index



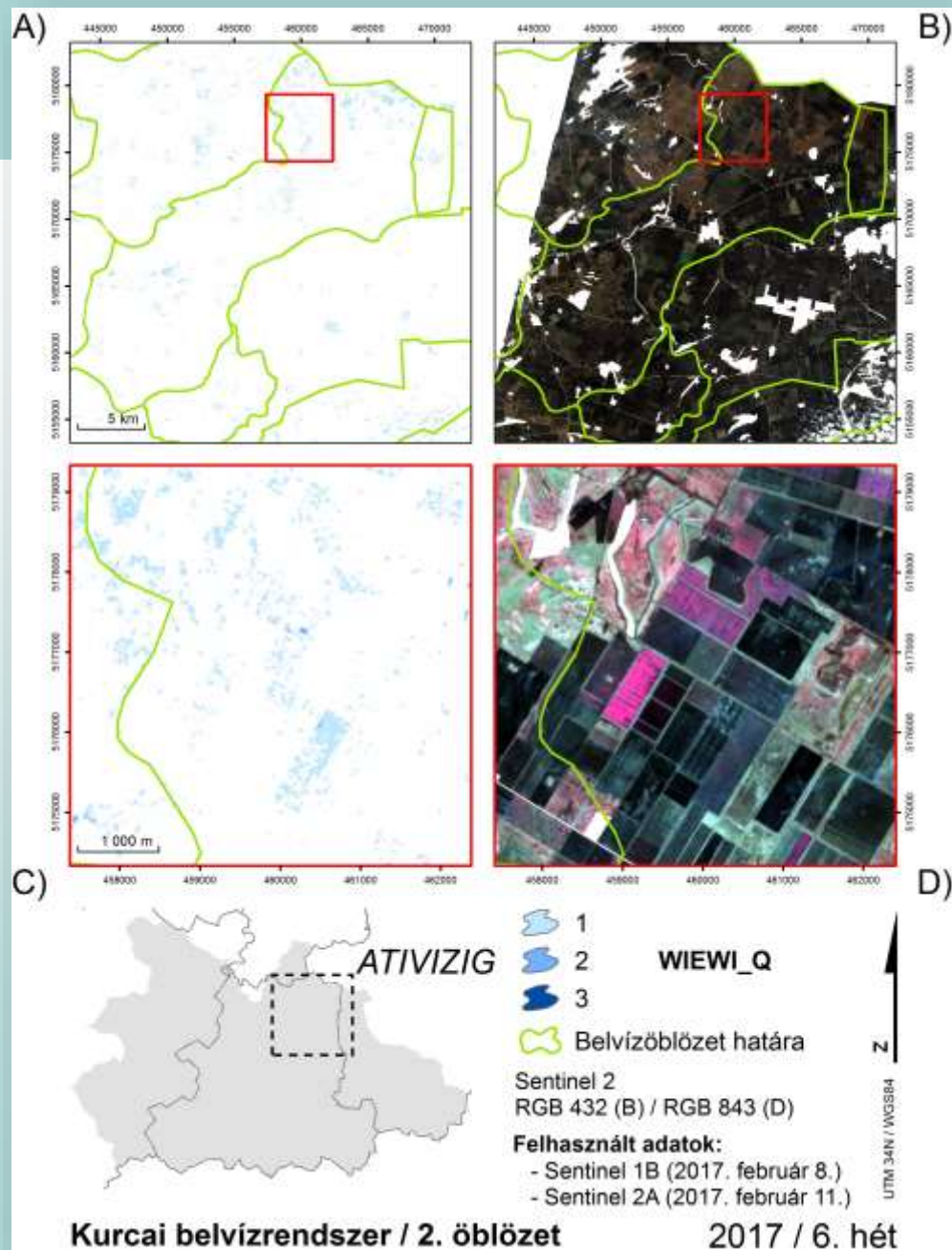
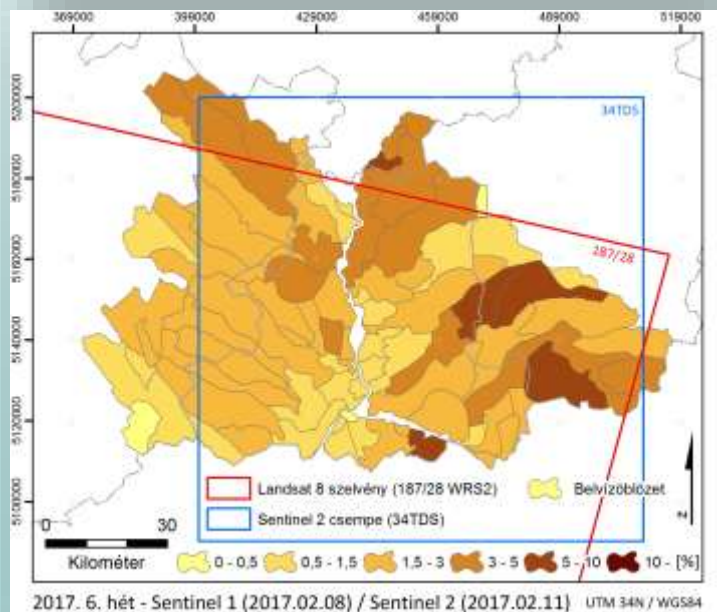
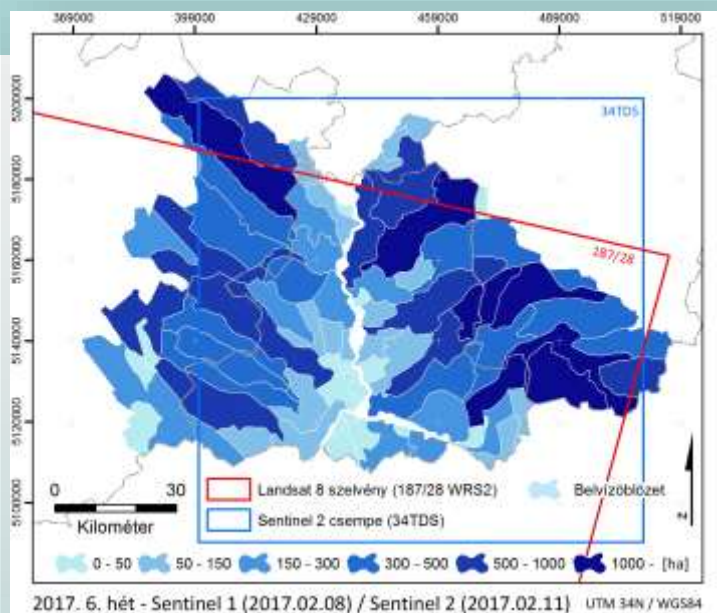
WIEWI térkép



Operatív működés



Eredmények



Lehetőségek, feladatok...



- Validáció Aktuális terepi belvíz felmérések



- Probléma megoldás:
felül- és alulbecslés, felhő/árnyék maszkolás
- Módszer bővítése (küszöbértékek finomítás, VI használat, + sze-
parabilitási paraméterek)
- Részfeladatok automatizálása, GE Engine adatfeldolgozás?
- Dinamikus paraméterek (df , $WIEW_t$)?
- Sentinel 1A és 1B, 2A és 2B folyamatosan pontosítható
eredmények

Köszönjük a figyelmet!

