

# Neue Ansätze und deren technische Umsetzung im Prognosesystem, Ergebnisse in Ungarn

DI Dr. Krámer Tamás – Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest

DI Péter Somogyi – West-Transdanubische Wasserdirektion

DI Gábor Kerék – Nord-Transdanubische Wasserdirektion



# Neue Methoden und deren technische Lösungen im Hochwasserprognosesystem

DI Dr. Krámer Tamás – Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest



## Einleitung

Das Ziel des Projektes Raab Flood 4cast ist die Aktualisierung des Hochwasserprognose- und -warnsystems und seine Ergänzung durch die kartographische Darstellung der Überflutungen.

Die diesbezügliche EDV-Entwicklung koordinierte die Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest, die hydrologischen und hydrodynamischen Modelle wurden von den Forschern der Universität zwischen 2018 und 2020 ausgearbeitet.

Das operative Rahmensystem und die Website zu den Modellen wurden von der DHI Hungary Kft. entwickelt.

Der Vortrag gibt einen Überblick über die hydroinformatischen Lösungen.



## Hochwasserprognose im ungarischen Raabtal

### Entwickelte Technik, erweiterte Leistungsebenen

Das derzeitige Hochwasserprognosesystem des Raabtales basiert auf einer eindimensionalen (1D) Strömungsmodellierung und gibt in den Pegelabschnitten die prognostizierte Entwicklung des Pegelstandes und des Durchflusses an.

Innerhalb eines Jahrzehntes verbesserten sich die technischen Möglichkeiten wesentlich:

Exaktere Wettervorhersage

Erweitertes automatisiertes Pegelnetz, genaue Geländemessungen

Schnellere Berechnungsverfahren und smartere Software

Und parallel dazu verlangen auch die leitenden Hochwasserschutzverantwortlichen mehr Information:

**Welche Gebiete geraten im offenen Überschwemmungsbereich unter Wasser?**

**Wie hoch ist das Hochwasser entlang von Dämmen, Gemeindegrenzen und Verkehrsstraßen?**



Land  
Burgenland



## Modellierung und Kartierung des Geländeabflusses

### Bewährte 1D-Modellierung wird fortgesetzt

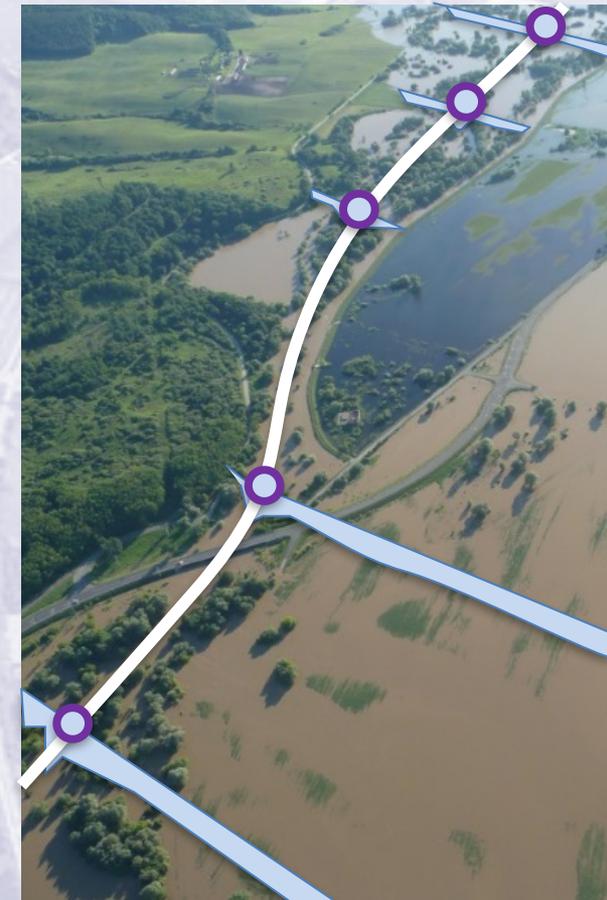
Ist bei Echtzeit viel schneller zu berechnen → Es kann für das gesamte Flussnetz pro Stunde eine neue Prognose abgegeben werden

Gibt unmittelbar die Längsdynamik der Hochwasserwelle an, was ja der primäre Anspruch ist.

Aber:

**Der Geländeabfluss kann mit den aufeinanderfolgenden Quer-abschnitten in 1D nur stark angenähert dargestellt werden.**

Außerdem kann mit den erhaltenen Pegelständen die Wasserfläche nur in engen Überschwemmungsgebieten genau auf das Gelände umgelegt werden.



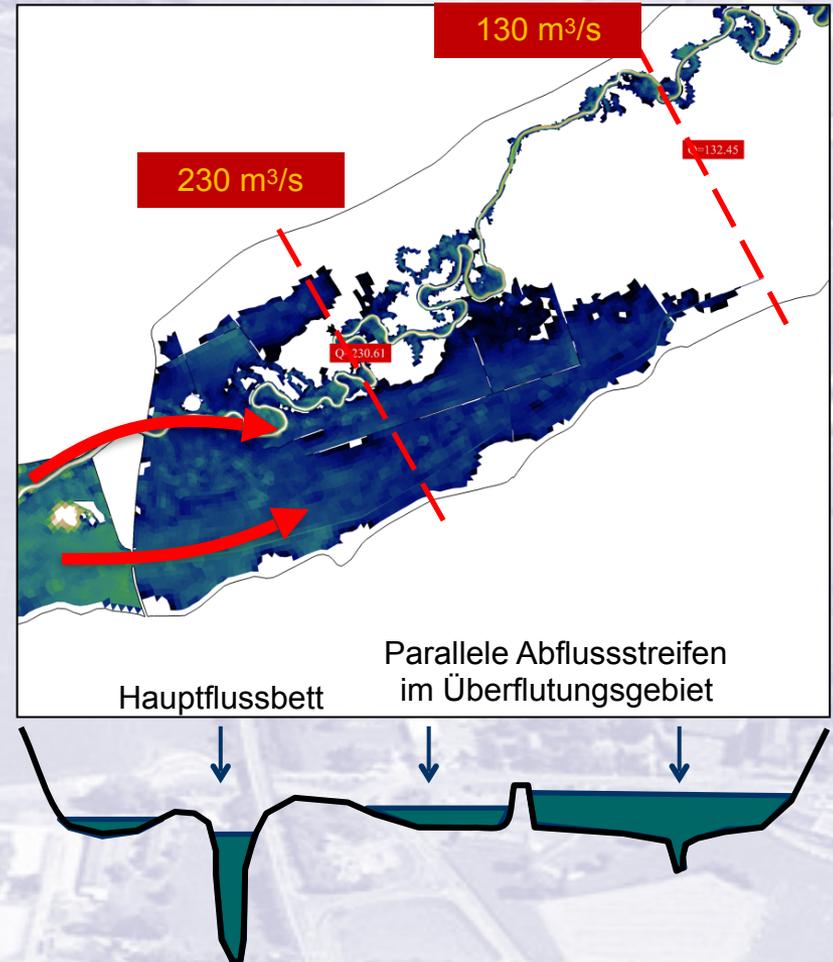
## Kartierung der Überflutung im Überflutungsgebiet

In den Überflutungsgebieten der Raab, Rabnitz und Marcal fließt das auf das Gelände übergetretene Hochwasser in zum Flussbett parallel verlaufenden Streifen ab.

Zwischen den Streifen ist die Querverbindung, abhängig von der Wasserbedeckung, immer wieder unterbrochen, und die Wasserfläche ändert sich stufenweise zwischen den zwei Seiten der Erhöhungen. Die Verbindungen ändern sich während der Hochwasserwelle kontinuierlich.

→ Die Überflutungsflächen müssen in diesen breiten ungarischen Tälern mit einer 2D-Modellierung berechnet werden.

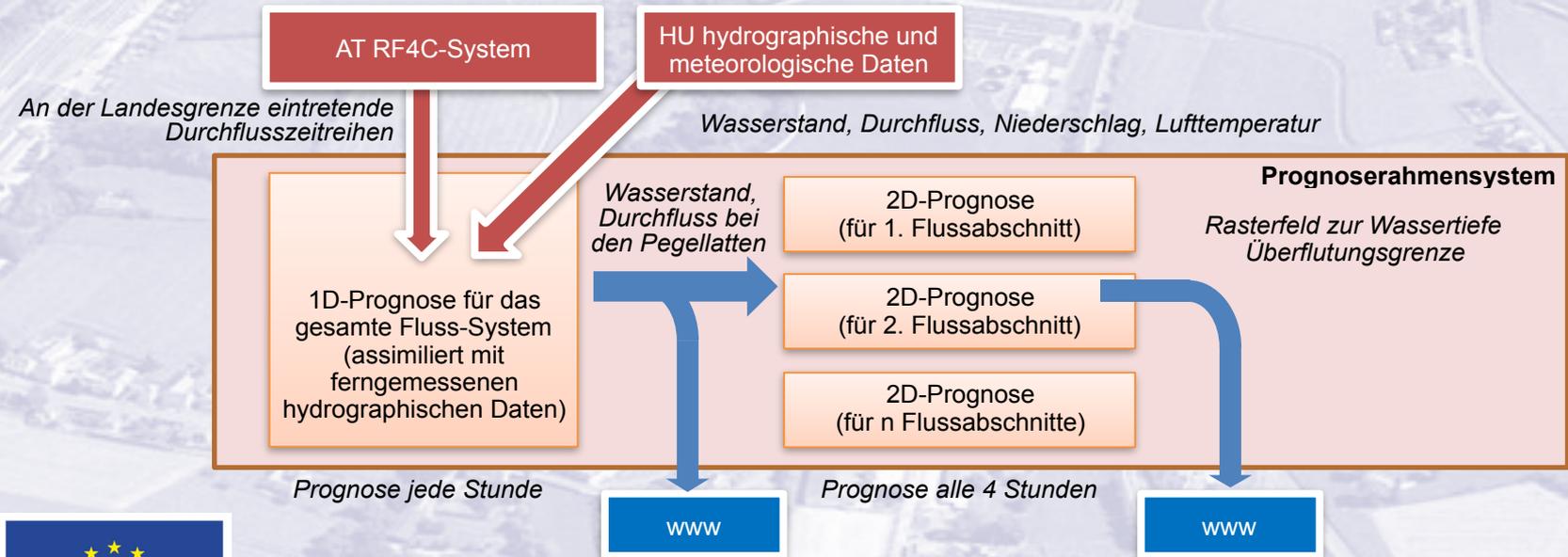
Die Herausforderung dabei ist, die **2D-Modellierung im operativen Betrieb** umzusetzen.



## Das neue Konzept des Hochwasser-modellsystems der Raab auf ungarischer Seite

Das ungarische und das österreichische hydroinformatische System sind voneinander getrennt, sie kommunizieren über die die Landesgrenze überschreitenden Durchflüsse.

Ein Prognoserahmensystem steuert die 1D- und 2D-Berechnungen und veröffentlicht die Ergebnisse im Web, mit von der Ebene der Zugriffsberechtigungen abhängigem Inhalt.

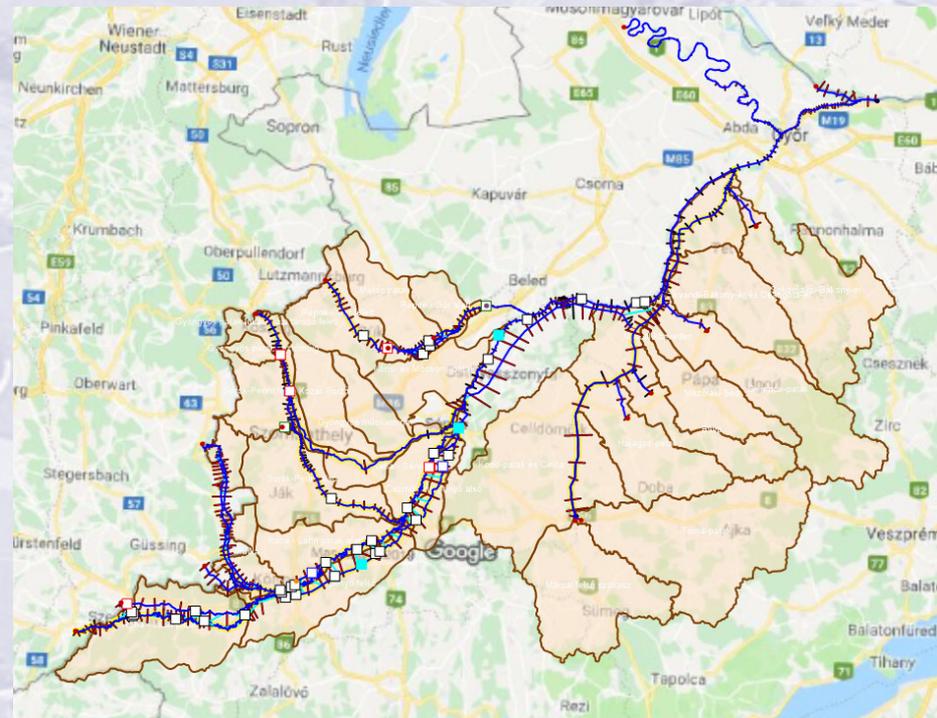


## Niederschlags-Abfluss-Modelle in ungarischen Einzugsgebieten

Der Niederschlagsabfluss wird nur an den steileren ungarischen Einzugs-gebieten modelliert, und zwar mit komprimierten Parametermodellen.

Im Abflussabschnitt des Einzugsbereiches tritt der Durchfluss in das Flussnetz ein, von da ab wird der Durchfluss schon mit dem 1D hydrodynamischen Modell weiterberechnet.

Der Niederschlagsabfluss von österreichischer Seite erreicht Ungarn dann schon im Flussbett.



## Berechnung des Hochwasser-abflusses in 1D

Bei den Pegeln soll mithilfe des Hochwasserbildes eine genaue Vorstellung erlangt werden.

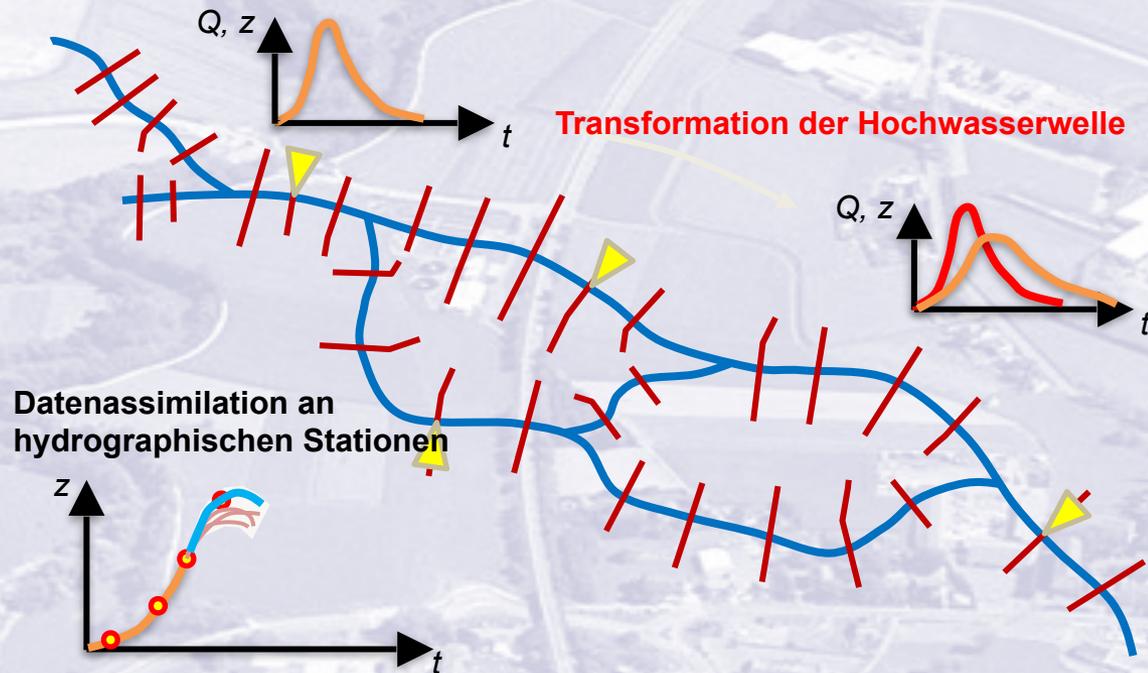
9 Szenario-Varianten beschreiben die Unsicherheit:

Meteorologisch (ECMWF deterministisch bzw. 5 sog. Ensemble-Mitglieder)

Die Assimilation der Messdaten wird ein- und ausgeschaltet →

Untersuchung der Auswirkungen

2 Rauheitsszenarien zur Verfolgung des Jahreszeitenwechsels

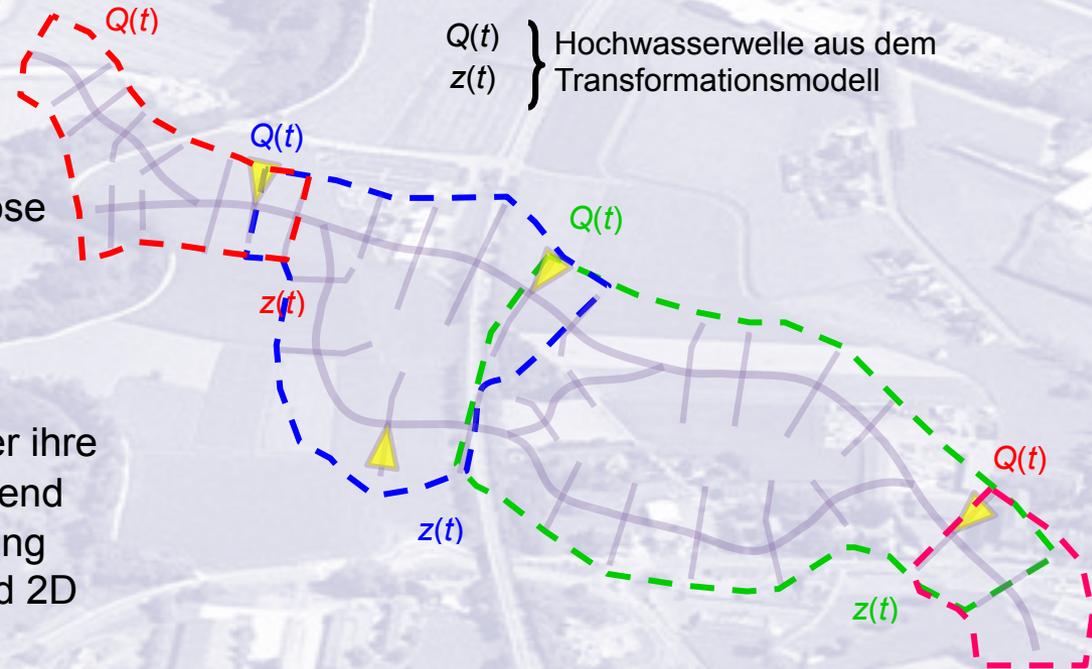


## Berechnung der Geländeüberflutungen in 2D

Das Tal wurde in 27 einander überlappende Abschnitte gegliedert, wo separate 2D-Modelle aufgebaut wurden.

Die in den Abschnitt eintretenden Wasserstände und die austretenden Durchflüsse werden durch die Prognose des 1D-Modells geliefert → indirekt assimiliert auch das 2D-Modell die Messungen.

Die 2D-Beschreibung ist präziser, aber ihre Ergebnisse wirken sich nicht rückwirkend auf 1D aus. Durch die dichte Gliederung kann die Verbindung zwischen 1D und 2D eng gehalten werden.



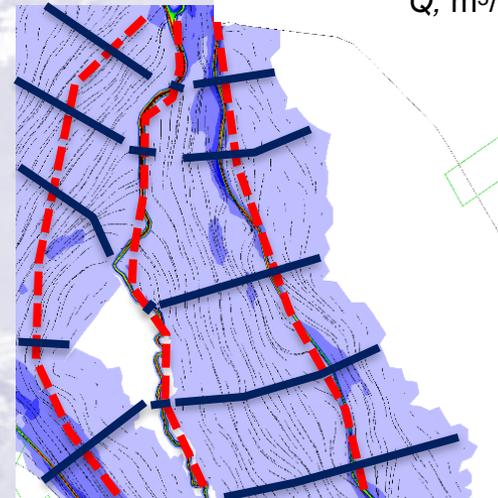
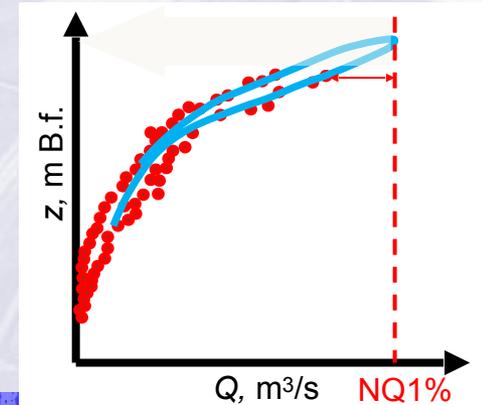
## Die Grundsätze der Modellentwicklung

Das Modellsystem muss für die außerordentlichen (50-100-jährlichen) Hochwässer am genauesten sein und soll dabei aber auch seine Schnelligkeit und Stabilität bewahren.

Zur Kalibrierung auf den gegenwärtigen Stand der Modelle kann nur auf die Daten der kleineren, 5-10 jährlichen Hochwässer zurückgegriffen werden.

Die optimale Umwandlung des 1D-Modells wurde außer durch Messungen auch durch detaillierte 2D-Modellstudien fiktiver 100-jährlicher Hochwässer im ganzen Tal unterstützt.

Der hydraulische Widerstand des Pflanzenbewuchses ändert sich während eines Jahres wesentlich → es gibt keine universell gute Modelleinstellung. Es ist zweckmäßig, die resultierende Rauheit durch die jährliche Ganglinie zu beschreiben.



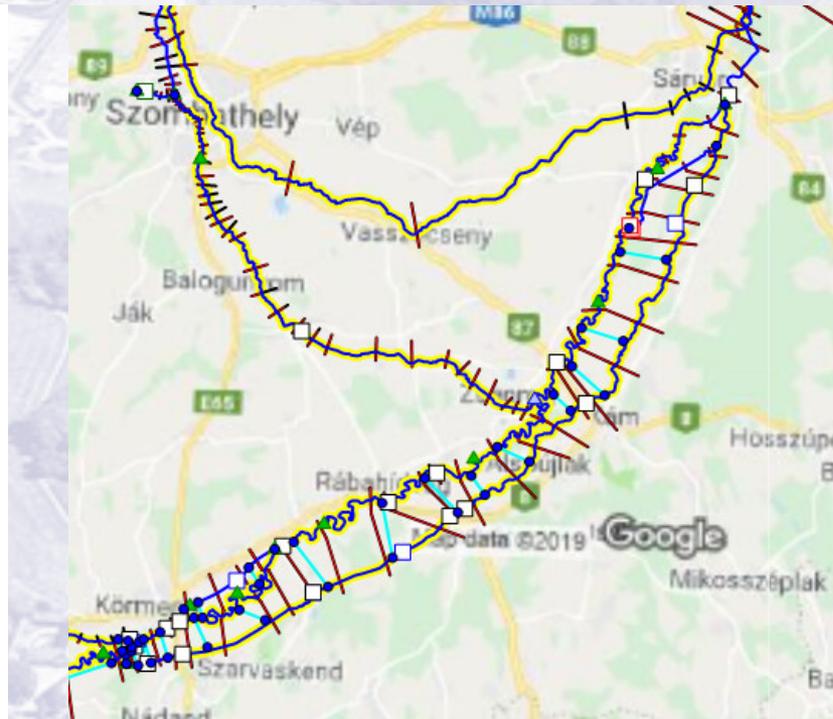
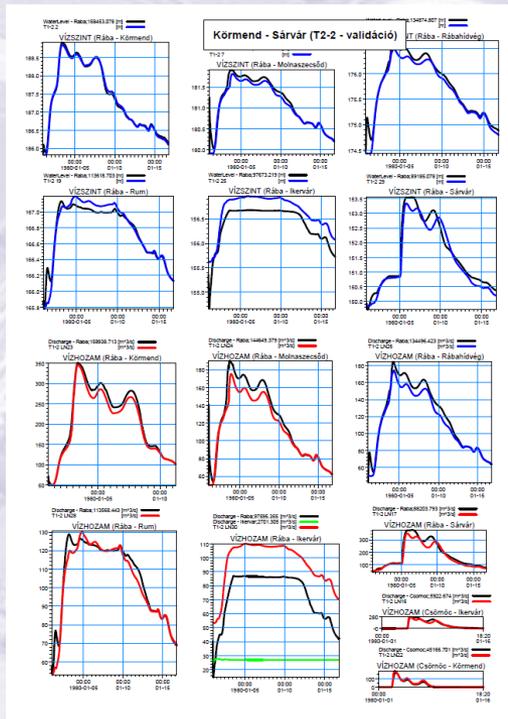
# Raab Flood 4cast

## Projekt-Abschlussbericht

### Juni 2020



Die 1D-Modelle wurden durch die neuesten geodätischen Erhebungen aktualisiert und durch die Messungen der Hochwässer der jüngsten Vergangenheit bestätigt.

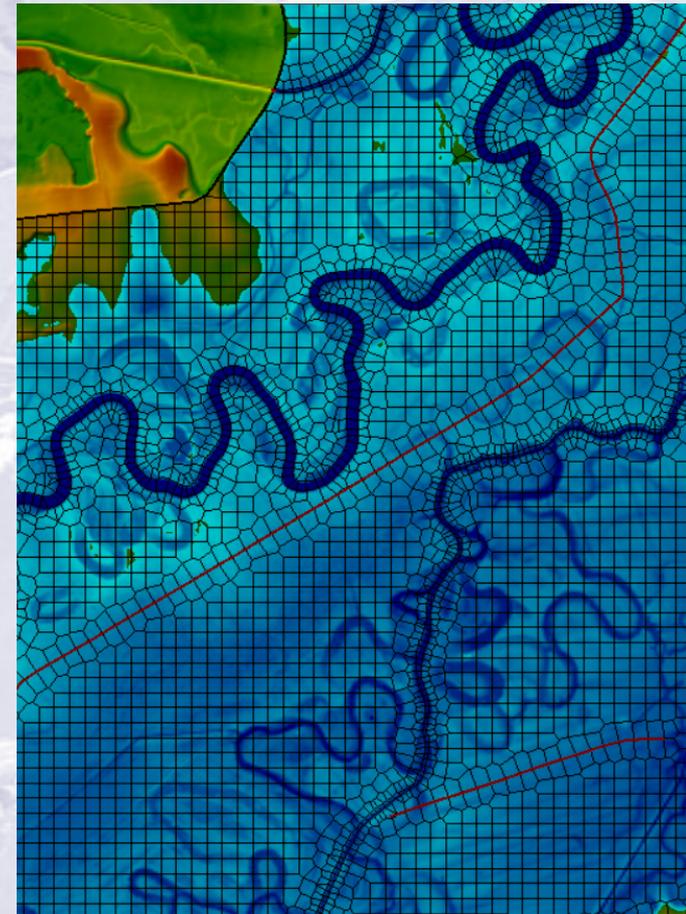


## Die 2D-Abflussmodelle

Bei der Entwicklung der 2D-Abflussmodelle mussten dank der flexiblen Software wenige Kompromisse eingegangen werden. Die Rasterauflösung erreicht nicht die der Modellstudien des Flussbettmanagements von Großgewässern, doch werden viele Geländedetails offengelegt.

Für einzelne Flussabschnitte kann eine 6-tägige Vorhersage schon mit einer 5-10-minütigen Berechnung angegeben werden, was schon einem operativen Betrieb entspricht.

Die 2D-Modelle laufen parallel zueinander, auf die Prozessoren des Clustercomputers aufgeteilt.



## Aufbau des Hochwasserprognose-Rahmensystems

Der Datenaustausch, der taktierte Modellbetrieb und die Veröffentlichung der Ergebnisse auf der Website werden von der Zielsoftware (MIKE Operation) der Firma DHI gesteuert.

Neben dem Zentralen Prognosesystem betreiben die zwei Direktionen ein damit gleichwertiges lokales System zur Überprüfung von Szenarien.

Zugriff auf Inhalt auf mehreren Ebenen (öffentlich bis Systemadministrator)



## Abschließende Gedanken

**Die Bedingungen** für die Machbarkeit des neuen Konzeptes waren **gegeben:**

Detaillierte geodätische Datenversorgung

Lasergeländescan vom gesamten Überflutungsgebiet

Erneuerte Flussbettaufnahme im Zuge des Projektes

Detaillierte hydrologische Daten über vergangene Hochwässer

Festlegung der Oberflächenkurve

Durchflussmessungen

Hohe IT-Kapazität und seriöse Sachkenntnis auf der OVF-Serverfarm

**Die Datenassimilation** ist die grundlegende Komponente für die Vorhersage.

Ein dichtes, automatisiertes Fernmessnetz versorgt mit tagesaktuellen Wasserständen.

### Darstellung der Unsicherheit

Die Unsicherheit in der Vorhersage wird den Entscheidungsträgern durch (Ensemble-)

Szenariovarianten dargestellt → statt einer einzigen gestochenen scharfen Prognose

Streuung in der Kurvenschar und Unsicherheitszonen.

# Zusammenfassung der Entwicklungsergebnisse in Ungarn

## Arbeitspakete 1-2

DI Péter Somogyi – West-Transdanubische Wasserdirektion

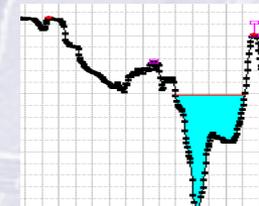


Land  
Burgenland



## Arbeitspaket 1: Datenbankentwicklung und Modellaktualisierung

*Erreichtes Ziel:* Aktualisierung der ungarischen hydrodynamischen und hydrologischen Modelle  
Modernisierung des Prognoserahmensystems



*Durchgeführte Aufgaben:*

- Erneuerung der geometrischen, meteorologischen und hydrologischen Modelldatenbank
- Erneuerung der hydrodynamischen und hydrologischen Modelle durch die erneuerte Datenbank
- Kalibrierung, Verifizierung der Modelle
- Weiterentwicklung des FTP-Servers, der die Online-Datenversorgung sicherstellt
- Entwicklung eines modernen Prognoserahmensystems mit dem aktualisierten Modell
- Sicherstellung der Verbindung zum österr. Hochwasserprognosemodell
- Entwicklung einer modernen Website hinsichtlich des gesamten Einzugsgebietes der Raab

*Kernoutput:* Aktualisierte Modelle in einem modernen Prognoserahmensystem

### Die wichtigsten Elemente eines modernen Hochwasserprognosesystems:

- Kalibrierte hydrodynamische und hydrologische Modelle
- Online FTP-Verbindung (Inputdaten)
- Getaktetes Hochwasserprognosemodell in mehreren Varianten mit Datenassimilation
- Website mit Zugriffsberechtigungen auf mehreren Ebenen
- Software: MIKE HYDRO River, MIKE Operation, HecRas
- Hardware: Hochleistungs-Klingenserver und Rahmen auf Serverfarm, OVF rack



## Arbeitspaket 2: Hochwasserprognose – Überflutungsflächen

*Erreichtes Ziel:* In Echtzeit berechnete Überflutungsparameter unter Verwendung der Wasserstands- und Durchflussprognose des aktualisierten hydrodynamischen Modells

*Durchgeführte Aufgaben:*

- Datenbankaufbau für 2D-Modelle
- Entwicklung von 27 2D-Modellen
- Kalibrierung und Verifizierung der Modelle
- Einbettung in ein modernes Prognoserahmensystem
- Planung des optimierten, getakteten Modellbetriebes
- Darstellung von Überflutungsflächen und Pegelständen
- Ausarbeitung regressiver Pegelverbindungen zur Unterstützung der Prognosezuverlässigkeit

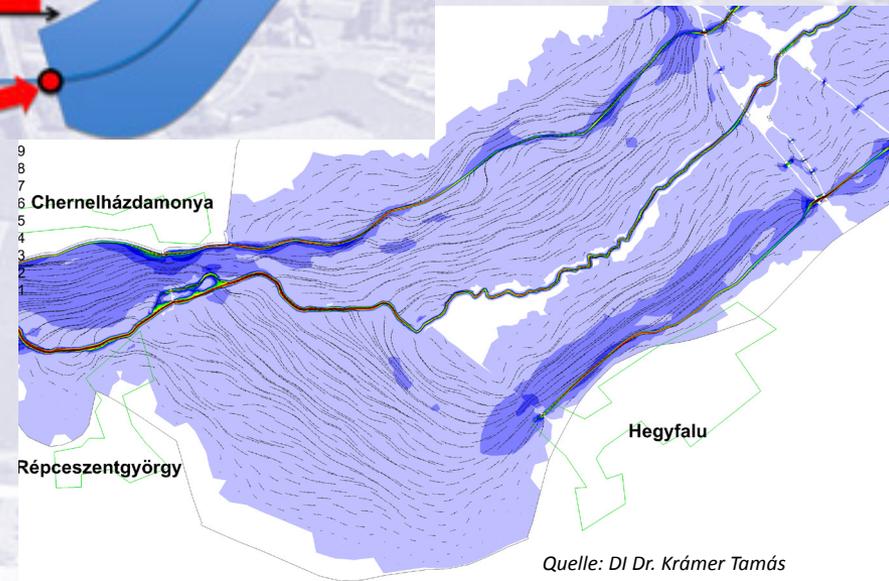
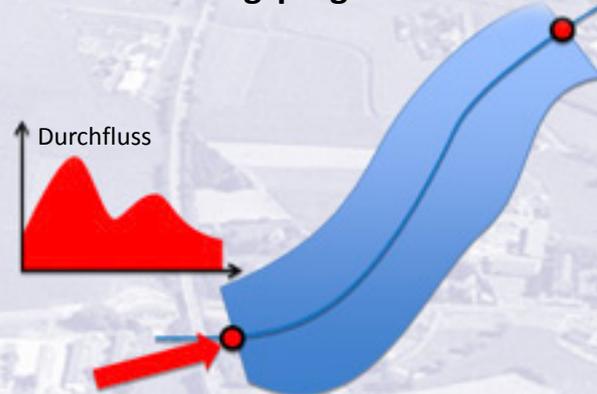
*Kernoutput:* Adaptiertes Hochwasserprognosemodell

### 1D Abflussprognose



Quelle: DI Dr. Krámer Tamás

### 2D Überflutungsprognose in Echtzeit



## Überflutungsprognose

**Teilen der Prognoseergebnisse:**

- Moderne Website
- Strukturierter Zugriff auf die Ergebnisse mit inhaltlicher Berechtigung auf mehreren Ebenen
- Hydrologische Hochwasserprognosen in mehreren Varianten
- Darstellung der Überflutungen
- Unterstützung der Entscheidungsträger durch Hinweise



**Bezeichnend war die internationale Zusammenarbeit:**

- Kontinuierliche Abstimmung und Unterstützung der Modellentwicklungen
- Sicherstellung der Grenzbedingungen der Modelle
- Datenwechsel am FTP-Server
- Abstimmung des Web-Auftrittes
- Regelmäßige Expertentreffen



# Entwicklung der Regressionsanwendung

DI Gábor Kerék – Nord-Transdanubische Wasserdirektion



## Entwicklung der Regressionsanwendung

Neben den HD-Modellen betreiben die zwei Direktionen für Wasserwesen im Einzugsgebiet der Raab auch ein Prognosesystem, das auf dem Regressionsbeziehungssystem historischer hydrologischer Daten basiert. Im Projekt wurde zum an der Raab schon errichteten Pegelbeziehungssystem eine userfreundliche Datenbankmanagementanwendung entwickelt. Das bis jetzt verwendete, zergliederte System des Datendownloads und der Datenaufarbeitung zur Parameterbildung sowie der Regressionsanalyse wurde mit einer einheitlichen Datenbank und einer neuen Oberfläche zur Datenbearbeitung ausgerüstet. Durch den Gebrauch der neuen Anwendung vereinfachen sich die prognoseorientierte Aufarbeitung der Hochwasserwellen der Raab ebenso wie die operative Tätigkeit der Hochwasserprognose, für die das Programm ebenfalls Dienste anbietet.



**Raab Flood 4cast**  
Projekt-Abschlussbericht  
Juni 2020



Die unter dem Namen **Regress4** entwickelte Anwendung beinhaltet integriert den Katalog der Hochwasserwellen der Raab, die hydrologischen Daten der damit verbundenen hydrographischen Stationen und die daraus ermittelten Regressionsparameter. Zum Ausbau des kritischen Prognosezeitvorsprungs des Oberlaufs der Raab auf ungarischer Seite wurden in die Regressionsdatenbank auch die Regressionsparameter einiger wichtiger hydrographischer Stationen des österreichischen Abschnitts des Einzugsgebietes aufgenommen. Die dazu erforderlichen hydrologischen Daten wurden der ungarischen Seite von den österreichischen Projektpartnern im Zuge des Projekts zur Verfügung gestellt.

Durch die Anwendung wird die Erstellung der operativen Hochwasserprognose des Einzugsgebietes der Raab eindeutiger und transparenter; und mit Hilfe ihres Datenbankmanagementmoduls vereinfacht sich das Management des Hochwasserwellenkataloges wesentlich.

Bilder über die Anwendung:



# Raab Flood 4cast

## Projekt-Abschlussbericht

### Juni 2020



**Interreg**  
Austria-Hungary  
European Union – European Regional Development Fund  
**Raab Flood 4cast**



Sorsz.	Cimke	Adatfajta	Törzsszám	Megjelelés
Klikkeljen ide új sor hozzáadásához				
1	Szentgotthárd	Vizállás	342	#FF1F497D
2	Körmend	Vizállás	343	#FF4F81BD
3	Sárnár	Vizállás	344	#FFC0504D
4	Ragyogóhid	Vizállás	9	#FF9BB859
5	Vág	Vizállás	10	#FF8064A2
6	Árpás	Vizállás	11	#FF4BACC6
7	Győr	Vizállás	12	#FFF79646
8	Móriczida	Vizállás	36	Lila
9	Rábaszentmiklós	Vizállás	37	Sárga
10	Nagybajcs	Vizállás	3	Világoszöld
11	Gönyű	Vizállás	4	Piros
12	Mosonmagyaróvár...	Vizállás	110013	#FFA589C7

Cimke	Kezdet	Vége	Leírás	Kategória1	Kategória2
Klikkeljen ide új sor hozzáadásához					
1	1981. 12. 28.	1982. 01. 12.			
2	1982. 05. 19.	1982. 06. 03.			
3	1982. 08. 04.	1982. 08. 19.			
4	1982. 09. 27.	1982. 10. 12.			
5	1982. 10. 02.	1982. 10. 17.			
6	1982. 10. 09.	1982. 10. 24.			
7	1982. 11. 09.	1982. 11. 24.			
8	1982. 12. 06.	1982. 12. 21.			
9	1982. 12. 14.	1982. 12. 29.			
10	1982. 12. 17.	1983. 01. 01.			
11	1984. 02. 26.	1984. 03. 12.			
12	1984. 03. 30.	1984. 04. 14.			
13	1984. 05. 25.	1984. 06. 09.			
14	1985. 03. 18.	1985. 04. 02.			
15	1985. 05. 03.	1985. 05. 18.			
16	1985. 05. 12.	1985. 05. 27.			
17	1985. 08. 02.	1985. 08. 17.			
18	1985. 12. 25.	1986. 01. 09.			
19	1986. 01. 20.	1986. 02. 04.			
20	1986. 03. 07.	1986. 03. 22.			
21	1986. 03. 12.	1986. 03. 27.			
22	1986. 03. 20.	1986. 04. 04.			
23	1986. 05. 25.	1986. 06. 09.			
24	1986. 06. 15.	1986. 06. 30.			
25	1987. 02. 12.	1987. 02. 27.			
26	1987. 02. 16.	1987. 03. 03.			
27	1987. 03. 24.	1987. 04. 08.			
28	1987. 07. 31.	1987. 08. 15.			
29	1988. 01. 21.	1988. 02. 05.			
30	1988. 02. 08.	1988. 02. 23.			
31	1989. 07. 27.	1989. 08. 11.			
32	1989. 08. 15.	1989. 08. 30.			
33	1989. 08. 23.	1989. 09. 07.			
34	1989. 09. 23.	1989. 10. 08.			
35	1990. 06. 05.	1990. 06. 20.			
36	1990. 10. 28.	1990. 11. 12.			
37	1991. 05. 06.	1991. 05. 21.			
38	1991. 06. 23.	1991. 07. 08.			

Adatbázis: E:\Regress\RAAb\F4cast.db



Land  
Burgenland



# Raab Flood 4cast

## Projekt-Abschlussbericht

### Juni 2020

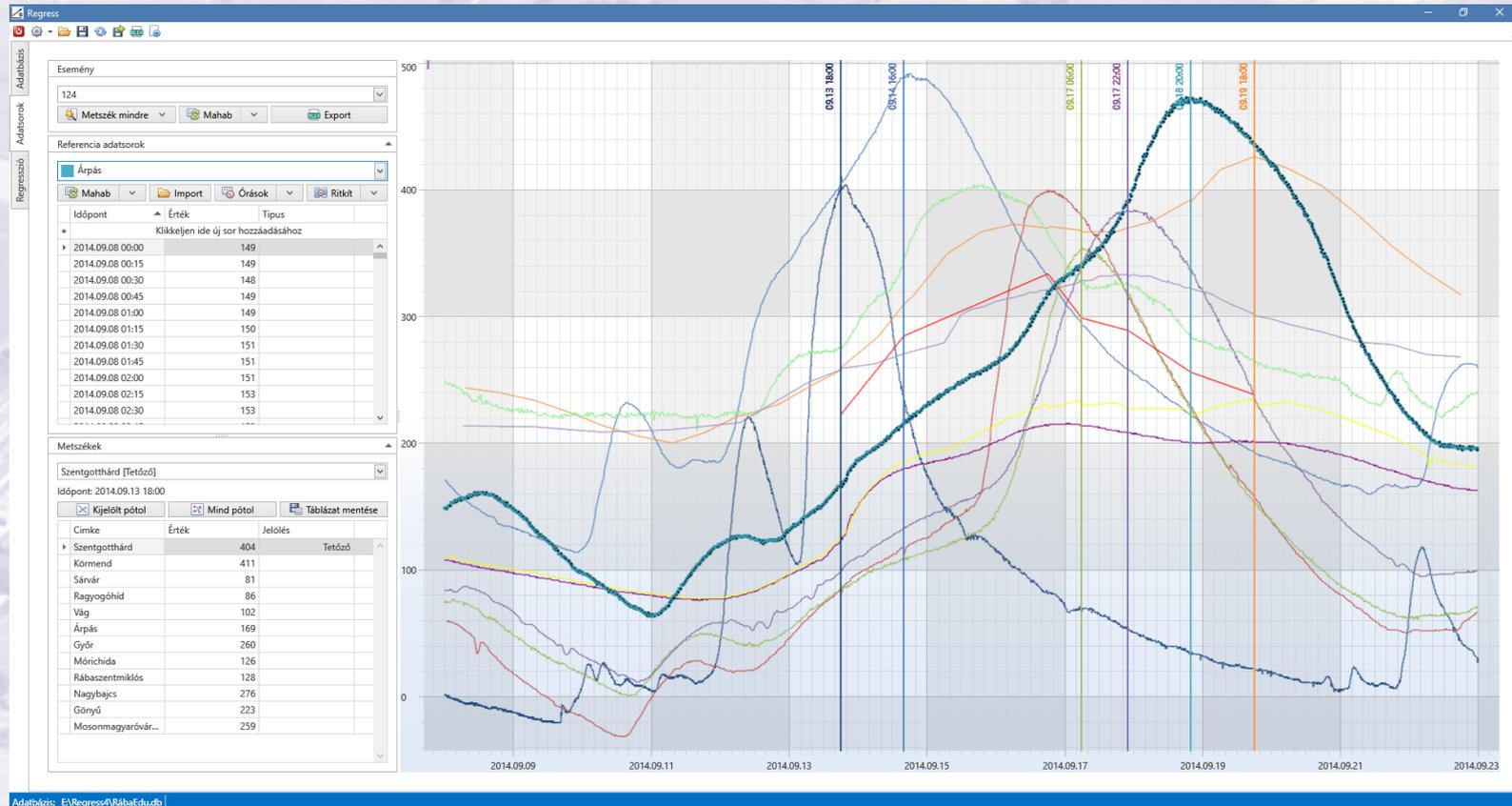


**Interreg**

**Austria-Hungary**

European Union – European Regional Development Fund

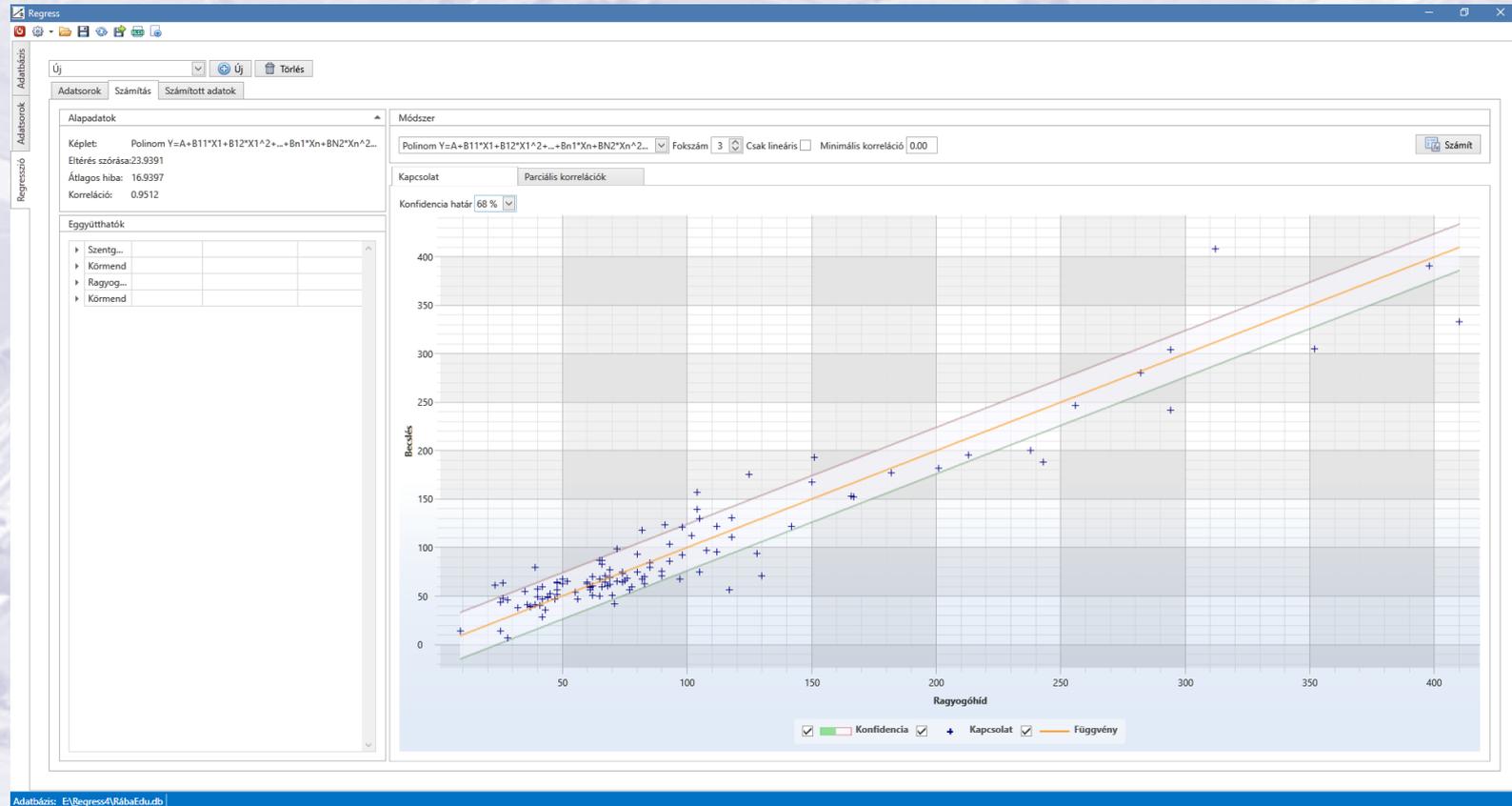
**Raab Flood 4cast**



Land  
**Burgenland**



# Raab Flood 4cast Projekt-Abschlussbericht Juni 2020



**Raab Flood 4cast**  
Projekt-Abschlussbericht  
Juni 2020



**Győr, die Raab mit der Petőfi-Brücke**

Quelle: <https://ng.hu/foto/onok-kuldtek/2020/02/06/napnyugta-5/>

