

# Miért is elengedhetetlen a modellkalibrálás?

## Esettanulmány, csatornahálózat hidraulikai felülvizsgálata egy kistelepülésen

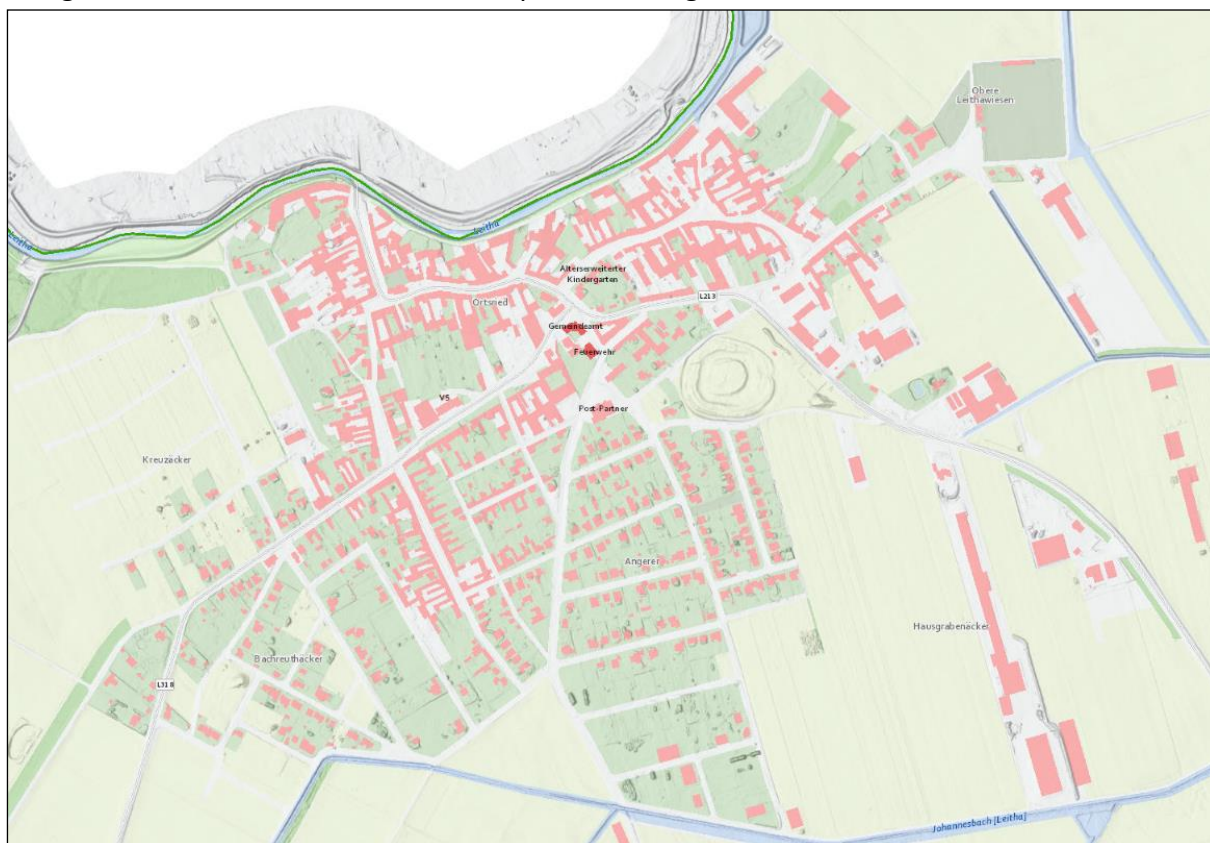
Bódis Gábor

### Kivonat

Jelen dolgozattal arra próbálom felhívni a figyelmet, hogy egy számítógépes hidraulikai modell alkalmazására épülő fejlesztési tervezés esetében a modell kalibrálása elengedhetetlenül szükséges. Egy konkrét példán keresztül szemléltem, hogy milyen eredmény született kalibrálás nélkül, illetve az után. Kalibráláshoz természetesen megfelelő, egy időben történő mérési adatok szükségesek, ha ezek nem állnak rendelkezésre, akkor is próbálkozhatunk, amíg a végeredmény „érzésre” jónak mondható, de majd látni lehet, hogy ez is kevés. Ami jó hír, hogy végül a Megrendelő is belátta, hogy felelős döntést hozni csak kalibrált modell alapján szabad!

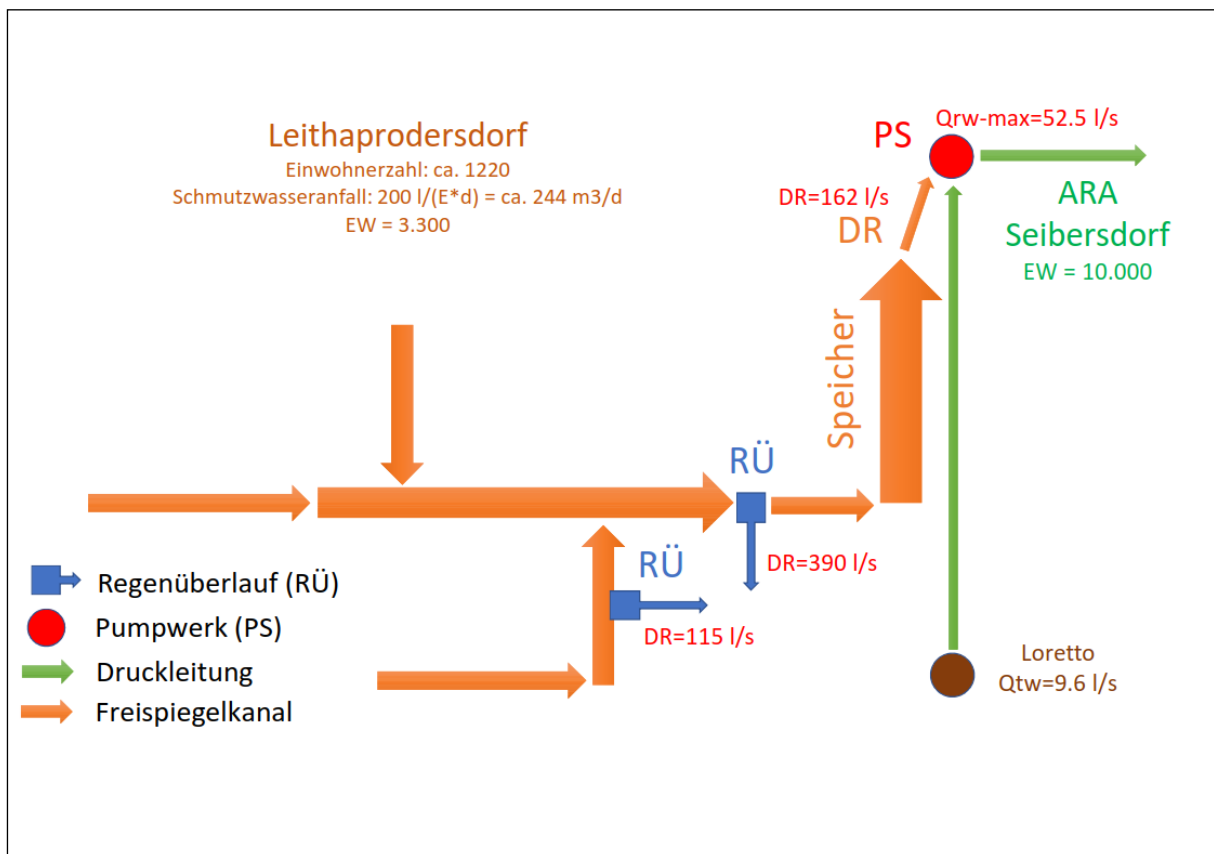
### BEVEZETÉS

Feladat volt egy osztrák kis település, Leithaprodersdorf egyesített rendszerű csatornahálózatának hidraulikai felülvizsgálata. Mivel egyesített rendszerről van szó és az utóbbi időben egyre gyakrabban fordul elő nagy intenzitású csapadékesemény, így elengedhetetlen a csatornahálózat komplex felülvizsgálata.



1. Leithaprodersdorf település átnézeti térképe (GIS Burgenland)

Leithaprodersdorf település szennyvízhálózata az 1970-es években egyesített rendszerként épült. A rendszeren jelenleg egy 240 m<sup>3</sup> térfogatú tározó csatorna és két túlfolyó biztosítja a tehermentesítés a nagy esők alatt. A település szennyvizét egy átemelőt telep (régén szennyvíztelep volt) továbbítja egy 200-as nyomóvezetéken keresztül a Seibersdorfi szennyvíztisztító telepre. Loretto település szennyvize is ugyanezen végátemelőbe érkezik, viszont onnan csak ténylegesen szennyvíz jön, csapadékvíz nem. Mind a település, mind pedig a szennyvíztelep befogadója a Lajta folyó. A 2. ábrán a hálózati rendszer sémája látható:



2. Folyamatábra a szennyvízhálózatról

A szennyvíztisztító telep 10.000 lakosegyenértékre (német rövidítése: EW) lett tervezve, ebből Leithaprodersdorf 3.300.

## SZAKMAI ÚTMUTATÓK

- ÖNORM EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement“ (ON, 2017)
- ÖWAV-Regelblatt 11 „Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen“ (ÖWAV, 2009)
- ÖWAV-Regelblatt 19 „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastung“ (ÖWAV, 2007)
- ÖWAV-Leitfaden Niederschlagsdaten zur Anwendung der ÖWAV-Regelblätter 11 und 19
- ÖWAV-Regelblatt 22 „Betrieb von Kanalisationsanlagen“ (ÖWAV, 2015)
- ÖWAV-Regelblatt 220 „Niederschlag-Abfluss-Modellierung“ (ÖWAV, 2019)
- ÖWAV-Arbeitsbehelf 62 „Leitfaden zur Umsetzung des ÖWAV-RB 19 (ÖWAV, 2020)

A fenti útmutatók, szabályozások használta nem kötelező, de „erősen” ajánlott. A felsorolásból a két legfontosabb az ÖWAV-Regelblatt (RB) 11 és 19, én is ezek alapján dolgoztam.

A RB 11-es foglalkozik a csatornahálózat hidraulikájával, túlterheltségével, túlfolyások mennyiségével. A szabályozás konkrétan leírja, hogy mit és hogyan, milyen típusú csapadékeseményekkel kell számítani. Mi EULER II. féle modellcsapadékkal számoltunk.

A RB 19-es szabályozás pedig a szennyvíztelepre érkező minimális és maximális mennyiségekkel, oldott- és lebegőanyag tartalommal foglalkozik. Ellentétben a modellcsapadékkal történő szimulációval itt hosszú idősorú csapadék eseményekkel kell a szimulációt végezni. Ennek előfeltétele, hogy a hosszú távon mért csapadékesemények is rendelkezésre álljanak.

A modell hosszú távú szimulációs eredményei az alábbiak lehetnek:

- Részletes eredmények kibocsátási pontonként
- A túlfolyás térfogata évente ( $m^3/év$ )
- A túlfolyás gyakorisága évente (db/év)
- Határértékek számítása

Attól függően, hogy a modellezésénél mire akarunk választ kapni, vagy a 11-es vagy a 19-es szabályozást alkalmazzuk, illetve attól függően választunk csapadékmodellt:

	<b>Kiöntés</b> ÖWAV - Regelblatt 11	<b>Kifolyás</b> EN 752	<b>Vízmerleg</b> ÖWAV - Regelblatt 19
Blokk csapadék	nem javasolt	nem javasolt	nem lehetséges
Modell csapadék	lehetséges	lehetséges	nem lehetséges
Hosszú távú csapadék	javasolt	javasolt	lehetséges, a DATMOD alapján
Folyamatos csapadék	lehetséges	lehetséges	javasolt

A Regelblatt 19 alapján a számított határértékek a következők:

Határérték oldott anyagokra ( $\eta_R$ ): 47,26 %

Határérték lebegő anyagokra ( $\eta_{AFS}$ ): 62,26 %

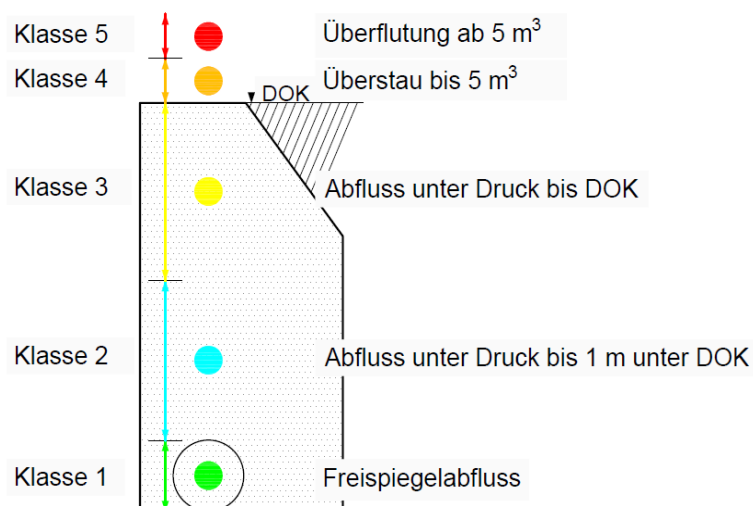
A számítási folyamatot itt most nem részleteztem, de később ezekhez a határértékekhez tudunk viszonyítani.

## Hidraulikai állapotosztályok

Ahhoz, hogy a számítás eredményét megfelelő módon vizuálisan is tudjuk ábrázolni, hidraulikai terhelési osztályokat alkalmaztunk. Mivel az osztályok létrehozására nem volt konkrét útmutató, ezért azokat mi magunk hoztuk létre, felhasználva más hasonló osztályzásokat (ÖWAV - RB 22).

Osztályok	Minősítés	Hidraulikai működés	Beavatkozás
1	Szabad lefolyás	megfelelő	nem kell
2	Nyomás alatti lefolyás, a vízszint a cső tető felett van (Teltszelvény)	megfelelő	nem szükséges, de hálózatbővítésnél már számolni kell vele
3	Nyomás alatti lefolyás, a vízszint még az akna fedlap alatt van	enyhén korlátozott	nem szükséges, de bármilyen hálózatot érintő beavatkozásnál számolni kell vele
4	kismértékű kiöntés, kárt nem okoz (< 5 m <sup>3</sup> )	nagymértékben korlátozott	rövidtávon beavatkozást igényel
5	nagy mértékű túlfolyás, károkozással együtt (> 5 m <sup>3</sup> )	nem megfelelő	azonnali beavatkozást igényel

Végül az aknákat egy 5-ös skálán osztályoztuk érkező terheléstől függően, a vezetékekhez pedig az alsó akna osztálya lett automatikusan hozzárendelve.



## ALAPADATOK

A digitális modell építéséhez elsőként összegyűjtöttem minden rendelkezésre álló adatot, vonatkozó szakmai rendeletet, útmutatót, jogi szabályozást.

### Digitális alaptérkép

Digitális alaptérkép DXF és SHP formátumban ingyenesen letölthető egész Burgenlandra a GIS Burgenland Térinformatikai Portálról (<https://geodaten.bgl.gv.at/>), én is ezt tettem.

## Digitális ortofotó

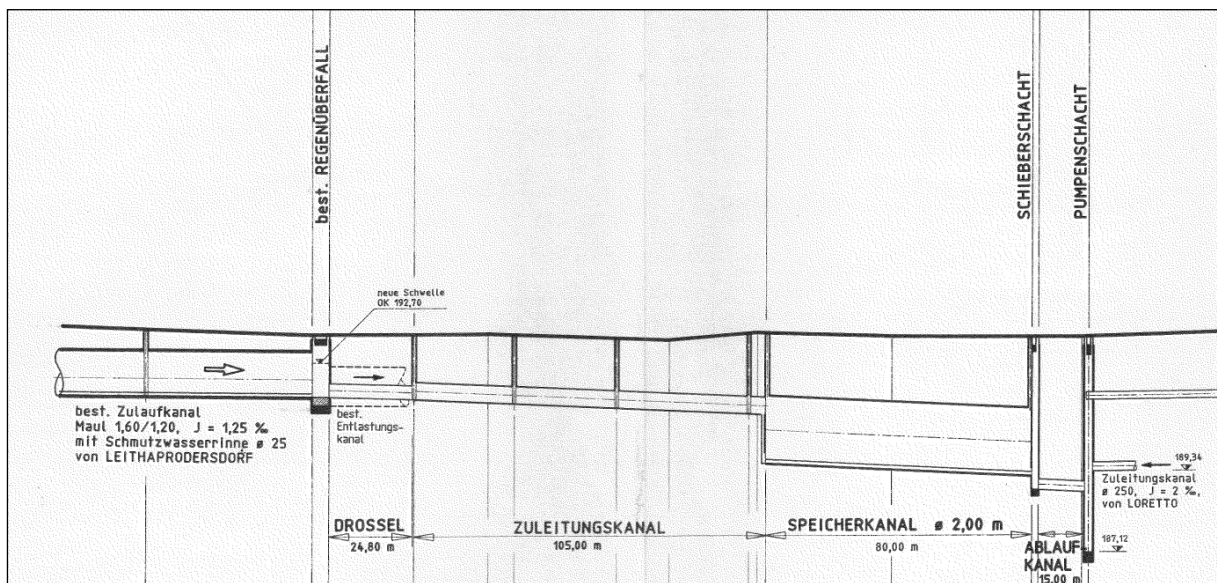
Digitális ortofotó szintén letölthető a GIS Burgenland Térinformatikai Portálról (<https://geodaten.bgl.d.gv.at/>).

## Szakági nyilvántartás

Az egyesített csatornahálózat szakági nyilvántartását rendelkezésünkre bocsátotta az Önkormányzat.

## Műtárgyak adatai

A hálózat legfontosabb részét képezik az egyedi műtárgyak, mint például az átemelők, tározók és túlfolyók. Ezek pontos ismerete elengedhetetlen a hidraulikai számításhoz. Itt egy másik tervezőiroda régebbi részletes terveire támaszkodtunk. Ha van rá idő, ezeket a műtárgyakat érdemes mindig alaposan leellenőrizni. Gondolok itt a mélységre, átmérőre, bejövő és elfolyó szintekre, illetve a bukó él hosszára, magasságára stb.



3. Régi szakági rajz a tározócsatornáról (Speicherkanal)



## Népességi adatok

Az internetet böngészve pontos adatokat találhatunk a lakosság számosságáról több évre visszamenőleg. Jelenleg a kistelepülésen 1217-en laknak.

Év	Lakosság száma
2009	1149
2011	1157
2015	1173
2016	1187
2018	1193
2021	1217

## Felületek osztályozása

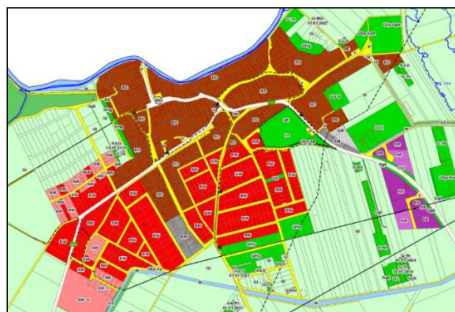
A modell egy fontos alappillére a felületek kategorizálása. Nagy szerencsére a digitális alaptérkép SHP formátumú verziója már megkülönbözteti a felület objektumokat. Minden felület kap egy sorszámot a használata alapján, melyeket utána a következő 6 csoportba lehet besorolni:

Csoport Nr.	Leírás
1	Csak szennyvíz
2	Útfelület
3	Épület/Tető
4	Egyéb burkolt felület
5	Zöldterület
6	Vízfelület

Forrás: ÖSTAP

## Terület lehatárolása

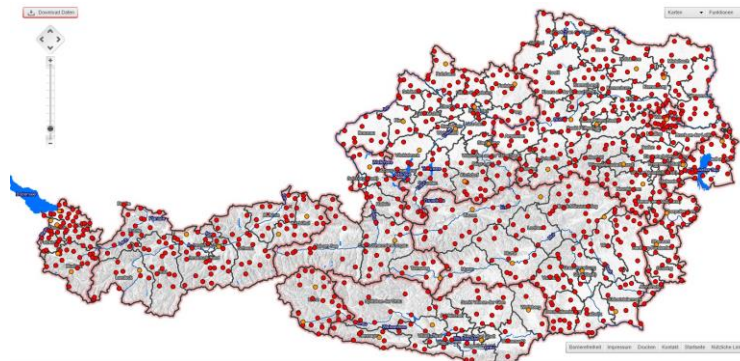
A modell lehatárolását a rendezési terv alapján végezzük el, minden parcella konkrét felhasználása rögzítve van. A rendezési terv Burgenland területén szintén minden településre ingyenesen hozzáférhető a GIS Burgenland portálon.



GIS Burgenland – Leithaprodersdorf Rendezési terv

## Csapadék adatok I.

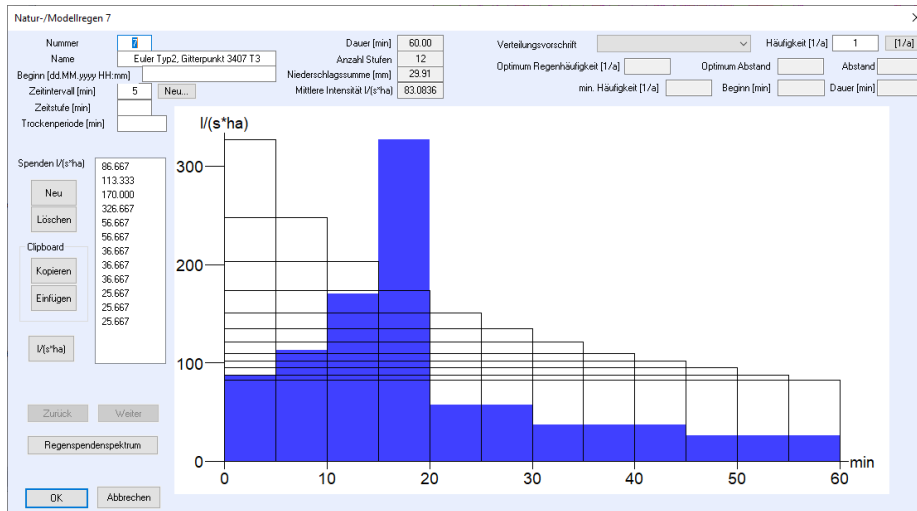
Austriában az egész országra kiterjedően az eHYD állami szervezet honlapjáról (<https://ehyd.gv.at/>) tölthetünk le ingyenesen csapadék mennyiség mérési adatok.



Méretezéshez is ezen adatokat kell felhasználni. Az egész országot egy rácshálóval fedtél le, célszerű mindig a területileg legközelebbi rácspontot felhasználni. Mi a 3407-es mérési pontot (ÖKOSTRA verzió) választottuk ki a terhelés vizsgálatához.

Wiederkehrzeit (T)	1	2	3	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe (D)	7.9	11.7	13.9	16.7	20.6	24.4	25.6	26.6	29.5	31.7	33.3
<b>5 Minuten</b>	<b>7.2</b>	<b>10.3</b>	<b>12.1</b>	<b>14.4</b>	<b>17.5</b>	<b>20.6</b>	<b>21.6</b>	<b>22.4</b>	<b>24.7</b>	<b>26.5</b>	<b>27.8</b>
	6.3	8.5	9.8	11.4	13.6	15.7	16.4	17.0	18.6	19.9	20.8
<b>10 Minuten</b>	<b>9.9</b>	<b>15.0</b>	<b>17.9</b>	<b>21.6</b>	<b>26.8</b>	<b>31.7</b>	<b>33.3</b>	<b>34.6</b>	<b>38.3</b>	<b>41.3</b>	<b>43.4</b>
	9.7	14.0	16.5	19.6	23.8	28.1	29.5	30.6	33.8	36.2	38.0
	9.4	12.9	14.9	17.4	20.8	24.2	25.3	26.2	28.8	30.7	32.2
<b>15 Minuten</b>	<b>12.0</b>	<b>17.5</b>	<b>21.0</b>	<b>25.5</b>	<b>31.5</b>	<b>37.5</b>	<b>39.4</b>	<b>41.0</b>	<b>45.4</b>	<b>48.9</b>	<b>51.4</b>
	11.7	16.6	19.6	23.5	28.6	33.8	35.5	36.9	40.6	43.7	45.8
	11.4	15.8	18.3	21.5	25.8	30.2	31.6	32.8	35.9	38.5	40.3
<b>20 Minuten</b>	<b>13.6</b>	<b>19.4</b>	<b>23.3</b>	<b>28.2</b>	<b>34.9</b>	<b>41.6</b>	<b>43.8</b>	<b>45.5</b>	<b>50.5</b>	<b>54.4</b>	<b>57.2</b>
	13.3	18.7	22.1	26.3	32.3	38.1	40.0	41.5	45.9	49.2	51.7
	13.0	18.0	20.9	24.6	29.8	34.9	36.4	37.7	41.5	44.4	46.6
<b>30 Minuten</b>	<b>15.6</b>	<b>22.5</b>	<b>27.1</b>	<b>32.9</b>	<b>40.8</b>	<b>48.7</b>	<b>51.2</b>	<b>53.3</b>	<b>59.1</b>	<b>63.8</b>	<b>67.0</b>
	15.2	21.6	25.6	30.6	37.6	44.4	46.6	48.4	53.5	57.6	60.3
	14.8	20.8	24.3	28.7	34.8	40.8	42.6	44.2	48.7	52.3	54.6
<b>45 Minuten</b>	<b>17.6</b>	<b>26.0</b>	<b>31.4</b>	<b>38.2</b>	<b>47.5</b>	<b>56.8</b>	<b>59.7</b>	<b>62.2</b>	<b>69.0</b>	<b>74.4</b>	<b>78.3</b>
	17.2	24.7	29.3	35.1	43.1	51.1	53.5	55.7	61.4	66.1	69.4
	16.8	23.6	27.6	32.7	39.6	46.6	48.7	50.6	55.5	59.6	62.5
<b>60 Minuten</b>	<b>19.0</b>	<b>28.8</b>	<b>34.8</b>	<b>42.5</b>	<b>52.9</b>	<b>63.3</b>	<b>66.6</b>	<b>69.4</b>	<b>77.0</b>	<b>83.1</b>	<b>87.4</b>
	18.5	26.9	32.0	38.3	47.1	55.9	58.6	61.0	67.3	72.4	76.0
	18.1	25.5	29.9	35.3	42.9	50.4	52.7	54.8	60.2	64.5	67.7
<b>90 Minuten</b>	<b>21.3</b>	<b>33.3</b>	<b>40.4</b>	<b>49.4</b>	<b>61.6</b>	<b>73.8</b>	<b>77.7</b>	<b>80.9</b>	<b>89.9</b>	<b>97.0</b>	<b>102.1</b>
	20.7	30.2	35.8	43.0	52.6	62.2	65.4	67.9	75.1	80.6	84.7
	20.3	28.2	32.8	38.7	46.5	54.5	57.1	59.2	65.2	69.7	73.1

A Regelblatt 11 pontosan előírja, hogy minimum 1 órás esővel, lakott területen 1-3 éves visszatérési idővel, illetve az intenzitást EULER II Modellcsapadék alapján kell számolni.

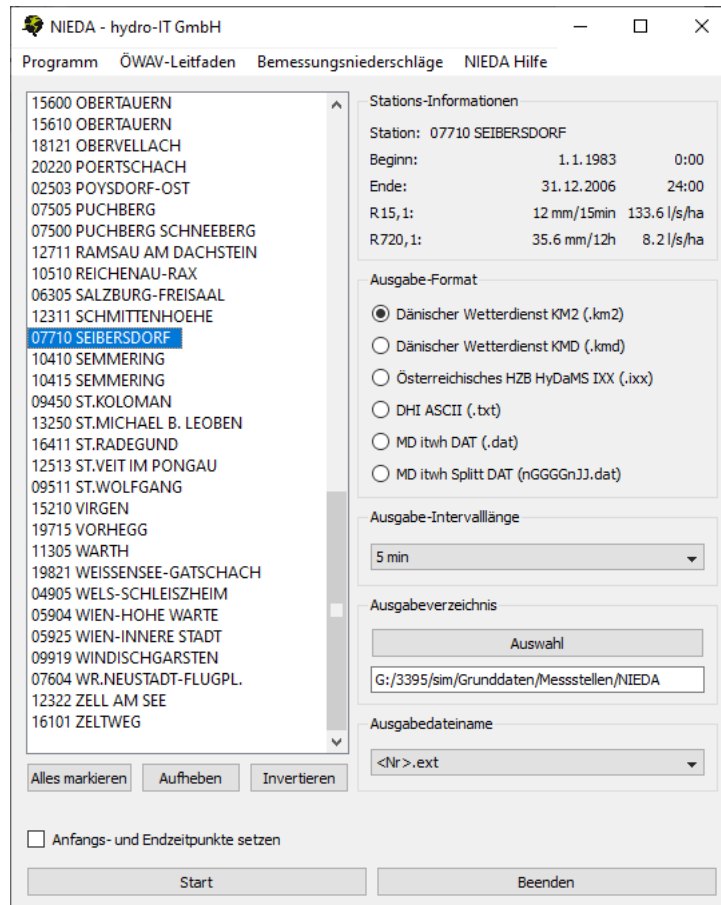


Modellregen nach Euler Typ II, ÖKOSTRA – Gitterpunkt 3407, NS=29,91 mm, d=60 min, T=3a

## Csapadék adatok II.

A RB 19 alapján hosszú távú szimulációhoz minimum 10 évre vonatkozó, minimum 10 perces felbontású csapadékeseményekre van szükség.

A modellhez szükséges csapadékmennyiséget ez esetben NIEDA adatbázisa biztosította. Az érintett területen pont Seibersdorfban mértek 1983-tól 2006-ig (24 év, átlag 535 mm/a) részletes, összesen 1861 db. csapadékeseményt (csapadék elválasztási idő: 1440 perc).



Sajnos ez az adatbázis már egy jó ideje nem fejlődik tovább, helyette az eHYD portálon található részletes adatokat.

## HIDRAULIKAI MODELL LÉTREHOZÁSA

A modellek a valóság leegyszerűsített ábrázolásai, amelyek segítségével egy adott kérdésre dolgozhatunk. Az egyszerűsítés a modellezésben úgy történik, hogy csak az aktuális kérdés szempontjából releváns elemeket és azok kölcsönhatásait azonosítjuk, és számítási modellben térképezzük fel.

### Munkalépések

- Vízgyűjtő területek meghatározása a digitális kataszteri térkép, a digitális domborzatmodell és az érvényes rendezési terv alapján
- A hidraulikai modell felépítése a Tandler Kanal++ programjával
- Csapadékesemények importálása
- A csatornahálózat hidraulikai számítása különböző heves esőzések esetén



- A hidraulikus terhelés és kihasználtság vizsgálata
- Hosszú távú szimuláció
- Javaslatok kidolgozása a csatornaműködés javítására csapadékesemények idején

### **Kanal++ szoftver**

A Kanal++ szennyvíz- és csapadékcsatorna hálózatok működésének és tervezésének számítógépes dinamikus szimulációját támogató komplex szoftver, melyet a németországi Tandler.com GmbH cég fejlesztett.

A FLUT és DYNA programjaik a KANAL++ földrajzi csatornahálózati adatinformációs rendszerrel kombinálva minden féle lehetőséget kínálnak a csatornahálózatok méretezésére, valamint a duzzasztó események és árvízhelyzetek észlelésére. Különösen összetett rendszerek esetén garantálják a stabil eredményeket minimális számítási idővel.

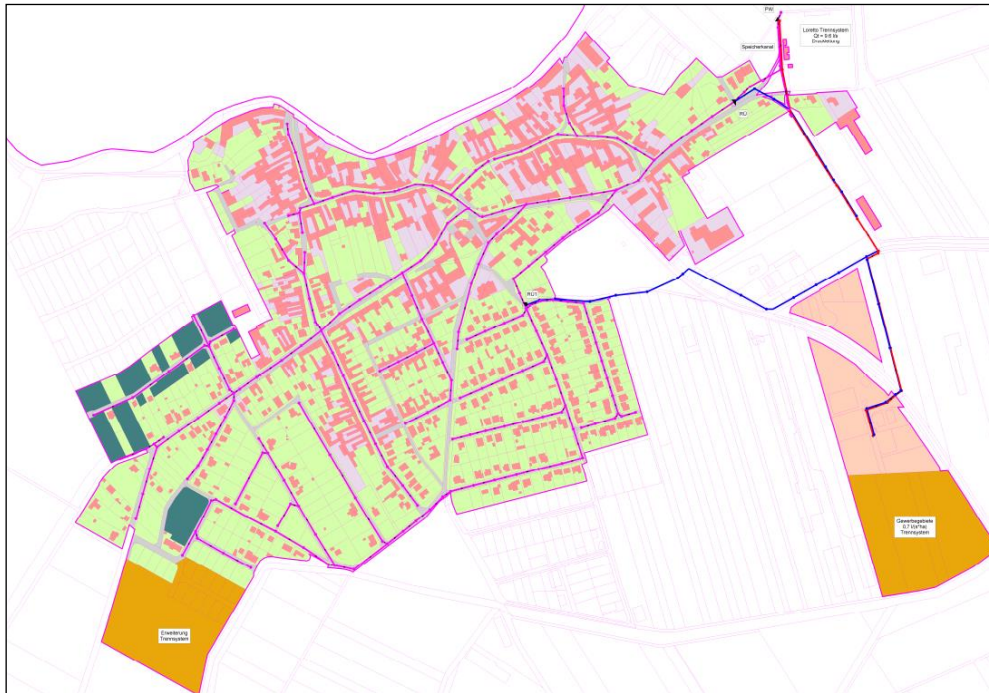
A DYNA számítási mag a legmodernebb hidrodinamikai csatornahálózat számítási módszer - komplex párhuzamos lépéses módszerrel:

- Blokk- vagy más modellcsapadék, természetes csapadék vagy csapadéksorozat feldolgozása hosszú távú szimulációkhoz
- Jelentős hiányosságok jelzése az eredmények speciális kimenetén keresztül
- Szelektív hozzáférés az összes eredményadathoz újraszámítás nélkül
- Szakasszonkénti csatornahálózat számítás, minden speciális szerkezet figyelembevételével
- A maximális vízhozam és vízszint kiszámítása a csatornahálózat minden pontján
- Részletes vízgyűjtő-struktúra
- Fenntartható stabilitás térfogati hibák nélkül
- Aknaveszteségek automatikus figyelembevétele
- A maximális kifolyások a hálózat bármely pontján kiszámíthatók
- Hosszmetszetek, térfogat- és áramlási görbék
- Szabadon definiálható eredménylisták
- A legmodernebb többprocesszoros technológia
- Az időráfordítás minimalizálása többszörösével

### **Modellépítés**

A Kanal++ szoftverben a következő lépések valósultak meg:

- Digitális alaptérkép importálása SHP formátumban „Használat” kategóriával
- Csatornahálózat importálása ISYBAU XML adatcsere formátumon keresztül
- A hiányzó adatok ellenőrzése és javítása
- Magasságok és ellenesések ellenőrzése
- Terepmodell létrehozása akna fedlap magasságokból
- Átlagos lejtő automatikus átvitele a terepmodellből
- Hálózati struktúrát ellenőrzése, topológia létrehozása
- Felületcsoportok létrehozása
- Az utcafelületek felosztása, szakaszolása
- Felületek automatikus hozzárendelése a csatornahálózathoz
- Lehatárolás a rendezési terv alapján
- Speciális műtárgyak méreteinek ellenőrzése (bukó él, térfogat, magasságok, stb.)



Kanal++ Modell – Vízugyűjtő területcsoportok

Felület csoportok Nr.	Leírás	Összes terület (ha)
2	Utcafelület	8,63
3	Épület/Tető	17,22
4	Egyéb burkolt	13,75
5	Zöldfelület	42,66
<b>Összesen:</b>		<b>82,26</b>

### Modellparaméterek

A Kanal++ szoftverben vannak úgynevezett „STANDARD” hidraulikai paraméterek előre beállított értékekkel. A számítás elején kalibrálás hiányában mi is ezeket az értékeket használtuk fel.

- Lefolyási paraméterek:

- Lefolyási veszteség

Lejtési osztály	Felület típusa	
	áteresztő	át nem eresztő
1 (0-1 %)	4,0 mm	1,00 mm
2 (1-4 %)	3,5 mm	0,90 mm
3 (4-10 %)	3,3 mm	0,85 mm
4 (>10 %)	3,0 mm	0,80 mm

- Egyéb veszteségek

Kezdeti veszteség	1,0 mm
Tartós veszteség	0,4 mm

- o Beszivárgás

Kezdeti szakasz	152,4 l/s*ha
Végső szakasz	12,4 l/s*ha
Konstans	0,0560 -

A felületek át nem eresztő képességét tapasztalati értékek, illetve szakirodalom alapján vettük figyelembe százalékos formában.

- Lefolyási tényező:

Felület Kategóriák Nr.	Leírása	Összes terület (ha)	Át nem eresztő képesség (%)	Burkolt felület (ha)
2	Útfelületek	8,63	80	6,9
3	Épületek/Tető	17,22	85	14,64
4	Egyéb burkolt	13,75	55	7,56
5	Zöldterület	42,66	5	2,13
<b>Összesen:</b>		<b>82,26 ha</b>		<b>31,23 ha</b>

- Érdesség:

Érdesség a csőben:	1,5	[mm] Prandtl-Colebrook
--------------------	-----	------------------------

## HIDRAULIKAI SZÁMÍTÁSOK I. – KALIBRÁLÁS NÉLKÜL

Kalibrálás nélkül csak a modellparaméterekre támaszkodhatunk, illetve arra, hogy a számított mennyiségek „érzésre” jók. A szennyvízmennyiségét 200 liter/fő/nap érték alapján vettük figyelembe.

### Eredmények RB 11 alapján

A RB 11 alapján a meglévő hálózati terheléseket, kiöntéseket vizsgáltuk és a korábban már említett hidraulikai osztályozás szerint ábrázoltuk.

Elsőként ún. blokk csapadékkal (120 l/s\*ha) vizsgáltuk a hálózatot, és ahogyan az várható volt túlfolyás nélkül megfelelően működött. Ellenben egy 3-éves visszatérési idővel történő Euler II. féle modellcsapadékkal történő számítás során már sok akna kiöntött, rengeteg a piros színű kategória. Ezt a valóság nem erősítette meg, az Önkormányzat jelezte, hogy biztosan nincs ekkora gond a hálózattal.



Az 5 éves visszatérési idővel történő számítás hasonló eredményt hozott, kicsivel volt több a kiöntés mennyisége.

### Eredmények RB 19 alapján

Ahogy az elején említettem itt hosszú távú csapadékeseményekkel kellett számolnunk. A számolás kb. 10 órán át futott. A számított eredmények alapján a következő értékeket kaptuk:

Határértékek						
Variáció	Oldott anyag $\eta_R$			Szűrhető anyag $\eta_{AFS}$		
	számított	szükséges	Differencia	számított	szükséges	Differencia
	[%]	[%]		[%]	[%]	
<b>1. Meglévő</b>	<b>46,15%</b>	47,26%	98%	<b>53,90%</b>	62,26%	87%

A számított értékek mind két paraméter esetében sajnos kisebbek, mint az előírt határértékek, azaz ebben az esetben plusz tározó kapacításra volt szükség. Így a meglévő tározócsatorna mellé párhuzamosan terveztünk még egy 300 m<sup>3</sup> es csatornát.

Határértékek						
Variáció	Oldott anyag $\eta_R$			Szűrhető anyag $\eta_{AFS}$		
	számított	szükséges	Differencia	számított	szükséges	Differencia
	[%]	[%]		[%]	[%]	
<b>2. Meglévő + 300 m<sup>3</sup></b>	<b>53,96%</b>	47,26%	114%	<b>67,08%</b>	62,26%	108%

Ez a plusz kapacitás már elégnek bizonyult.

## HIDRAULIKAI SZÁMÍTÁSOK II. – KALIBRÁLÁS NÉLKÜL ÚTMUTATÓ ALAPJÁN

Természetesen továbbra is problémát okozott, hogy olyan modell alapján létesítsünk egy új tározót, amely nincs kalibrálva. Tovább kutakodva a RB 19-es szabályzat lehetőséget biztosít kalibrálás nélkül történő számításra abban az esetben, hogy ha a lakosegyenérték kisebb mint 5000 és a hálózat egyesített rendszer. Ebben az esetben viszont a burkolt felületek méretét 20 % -kal meg kellett emelni.

Felület csoportok Nr.	Leírás	Összes terület (ha)	Át nem eresztő képesség (%) <b>+20% Emelés</b>	Burkolt felület (ha)
2	Útfelületek	<b>8,63</b>	<b>80+18</b>	<b>8,45</b>
3	Épületek/Tető	<b>17,22</b>	<b>85+14</b>	<b>17,05</b>
4	Egyéb burkolt	<b>13,75</b>	<b>55+16</b>	<b>9,76</b>
5	Zöldfelület	<b>42,66</b>	<b>5+0</b>	<b>2,13</b>
<b>Összesen:</b>		<b>82,26 ha</b>		<b>37,40 ha</b>

### Eredmények RB 11 alapján

Ahogy az várható volt, még több kiöntés következett be.

### Eredmények RB 19 alapján

És természetesen itt is várható volt, a megnövekedett terület miatt még rosszabbak lettek a számított értékek.

Határértékek						
Variáció	Oldott anyag $\eta_R$			Szűrhető anyag $\eta_{AFS}$		
	számított	szükséges	Differencia	számított	szükséges	Differencia
	[%]	[%]		[%]	[%]	
<b>3. Meglévő + 20 %</b>	<b>42,58%</b>	47,26%	<b>90%</b>	<b>49,41%</b>	62,26%	<b>79%</b>

Igy ismét a meglévő tározócsatorna mellé párhuzamosan terveztünk még egy 300 m<sup>3</sup> - es csatornát, de ez sem volt elég. Végül egy 350 m<sup>3</sup> – es tározó volt csak elég.

Határértékek						
Variáció	Oldott anyag $\eta_R$			Szűrhető anyag $\eta_{AFS}$		
	számított	szükséges	Differencia	számított	szükséges	Differencia
	[%]	[%]		[%]	[%]	
<b>4. Meglévő + 20 % + 350 m<sup>3</sup></b>	<b>48,94%</b>	47,26%	<b>104%</b>	<b>62,37%</b>	62,26%	<b>100%</b>





## MODELLKALIBRÁLÁS

A modellkalibrálás több lépcsőben, a vonatkozó útmutatók alapján valósult meg, a mért és a számított eredmények folyamatos összehasonlításával. Összetett feladról van szó, ha bármelyik paraméteren változtatunk, az az egész hálózatra kihatott. Sajnos a mérési eredményeket is alaposan ellenőrizni kellett, nem volt minden egyértelmű. Fontos tudni, hogy pontosan hol és milyen magasságban, milyen dimenziójú és profilú csőben, műtárgyban volt a mérés. Sajnos a kampány ideje alatt, nagy csapadék események nem voltak, illetve volt pár nap, amikor pedig a végátemelő nem üzemelt, ez pedig visszahatott az egész hálózatra.

### Száraz idejű

A kalibrálás elsőként a szennyvízmennyiség alapján történt, amikor is a hálózatot csapadékvíz egyáltalán nem terhelte. Sajnos a mérési eredmények alapján nehéz volt megállapítani, hogy mennyi is volt valójában a napi szennyvíz mennyisége. Nagyon nagy volt a szórása a mennyiségeknek, annak ellenére, hogy elvileg nem volt csapadék azokon a napokon. Végül egy középértéket választottunk, a lakossági létszám adatokból levezethető szennyvíz mennyiséggel leginkább ez volt összhangban. A minimum érték nagyon kevésnek bizonyult. A modellben a 200 liter/fő/nap szennyvízmennyiség lett implementálva. A maximális terhelés 26.40 l/s, melyből Loretto településről 9.6 l/s érkezik.

A kalibrálás alapján átlagosan 4,8 l/s szennyvíz érkezik a telepre.

### Csapadékkal terhelt

A RB 11 alapján legalább három releváns, egymástól független, jelentős csapadékesemény alapján kell a kalibrálást elvégezni.

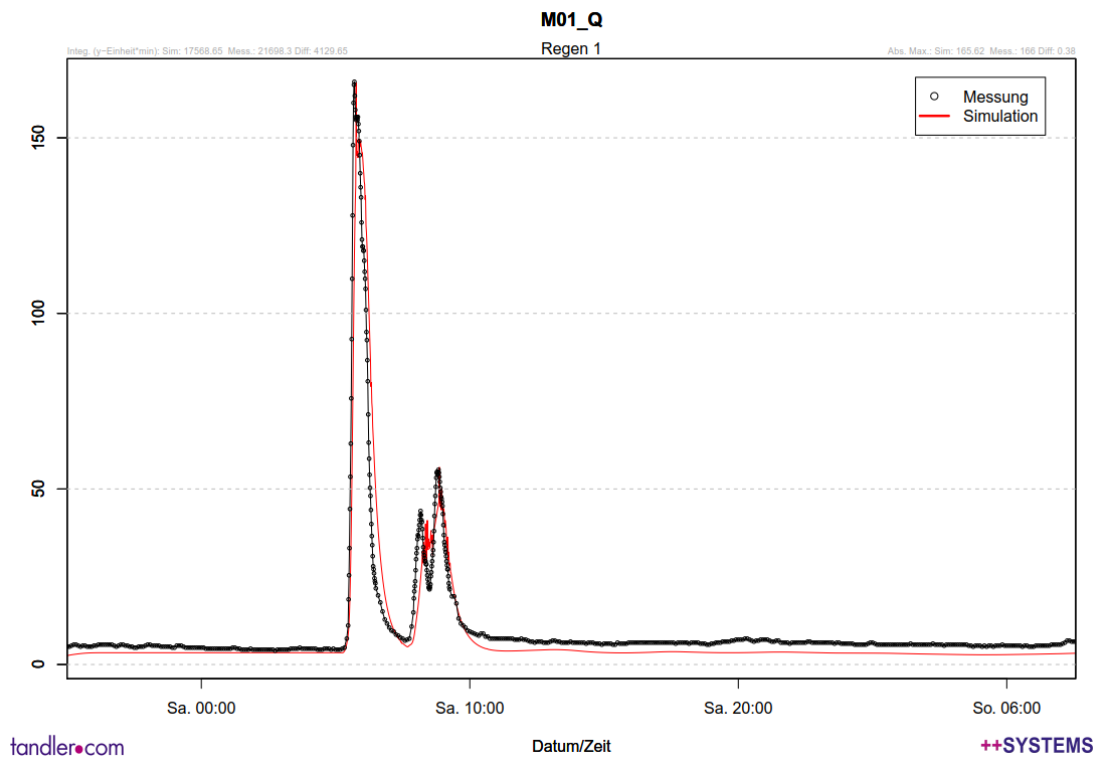
Nr.	Name	Beginn	Dauer	Trockenperiode	Niederschlagssumme	Max.Intensität	Mittl.Intensität	Ausgewählt
			[min]	[min]	[mm]	[l/(s*ha)]	[l/(s*ha)]	
1	23.06.2022 00:27	23.06.2022 00:27	5	27	0,1	16,67	3,334	
2	25.06.2022 05:00	25.06.2022 05:00	215	3152	4,9	33,33	3,799	Regenwetter 1
3	28.06.2022 04:00	28.06.2022 04:00	75	4046	6,1	16,67	13,558	
4	01.07.2022 22:00	01.07.2022 22:00	125	5328	6,9	16,67	9,202	
5	04.07.2022 11:00	04.07.2022 11:00	1505	3535	14,3	16,67	1,584	
6	06.07.2022 13:00	06.07.2022 13:00	50	1497	3,5	33,33	11,667	
7	07.07.2022 14:00	07.07.2022 14:00	55	1450	1,4	16,67	4,243	
8	09.07.2022 19:00	09.07.2022 19:00	2075	3126	13,3	133,33	1,068	
9	15.07.2022 04:00	15.07.2022 04:00	110	5665	2,3	16,67	3,486	
10	24.07.2022 00:31	24.07.2022 00:31	5	12645	0,1	16,67	3,334	
11	26.07.2022 04:58	26.07.2022 04:58	2160	3146	7,5	33,33	0,579	Regenwetter 2
12	30.07.2022 05:25	30.07.2022 05:25	385	3628	5,6	16,67	2,425	
13	07.08.2022 19:17	07.08.2022 19:17	990	11971	3,7	50	0,623	Regenwetter 4

### Csapadékesemények

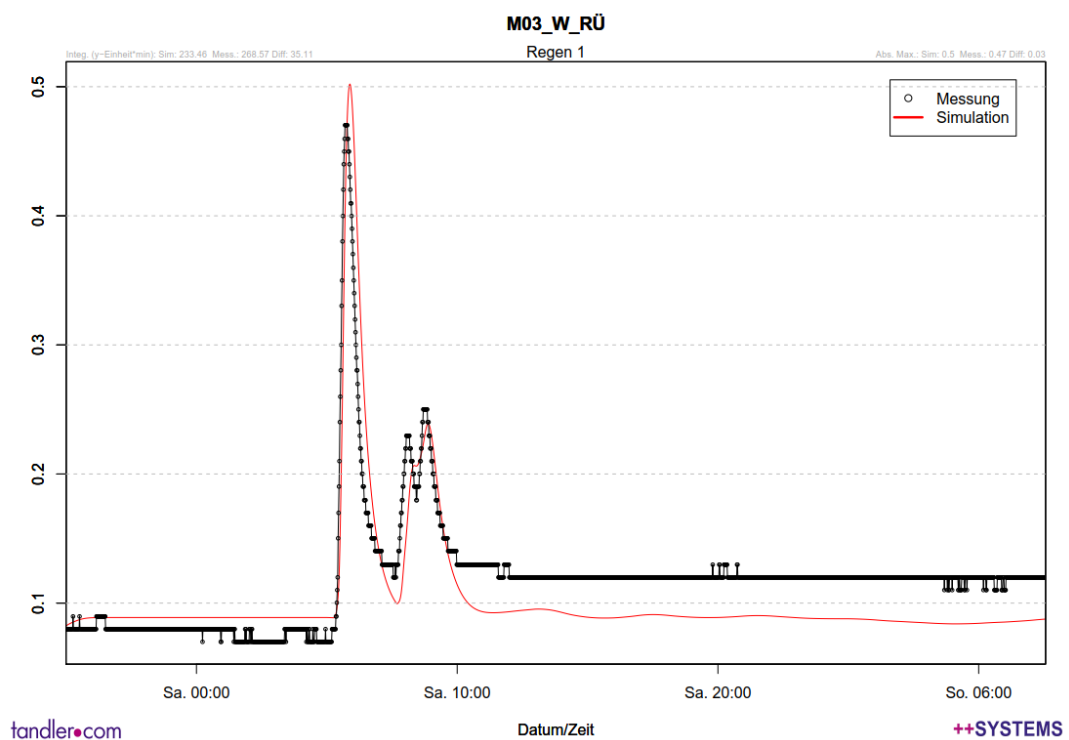
A 2-es, 11-es és a 13-as csapadékesemény alapján történt meg a kalibrálás. A következő táblázaton jól látható, hogy a lefolyási tényezők jelentősen lecsökkentek, ez által a vízgyűjtő terület nagysága is.

Felület Kategóriák Nr.	Leírása	Összes terület (ha)	Át nem eresztő képesség (%)	Burkolt felület (ha)
2	Útfelületek	8,63	65	5,6
3	Épületek/Tető	17,22	70	12,1
4	Egyéb burkolt	13,75	30	4,1
5	Zöldterület	42,66	0	0,0
<b>Összesen:</b>		<b>82,26 ha</b>		<b>21,8 ha</b>

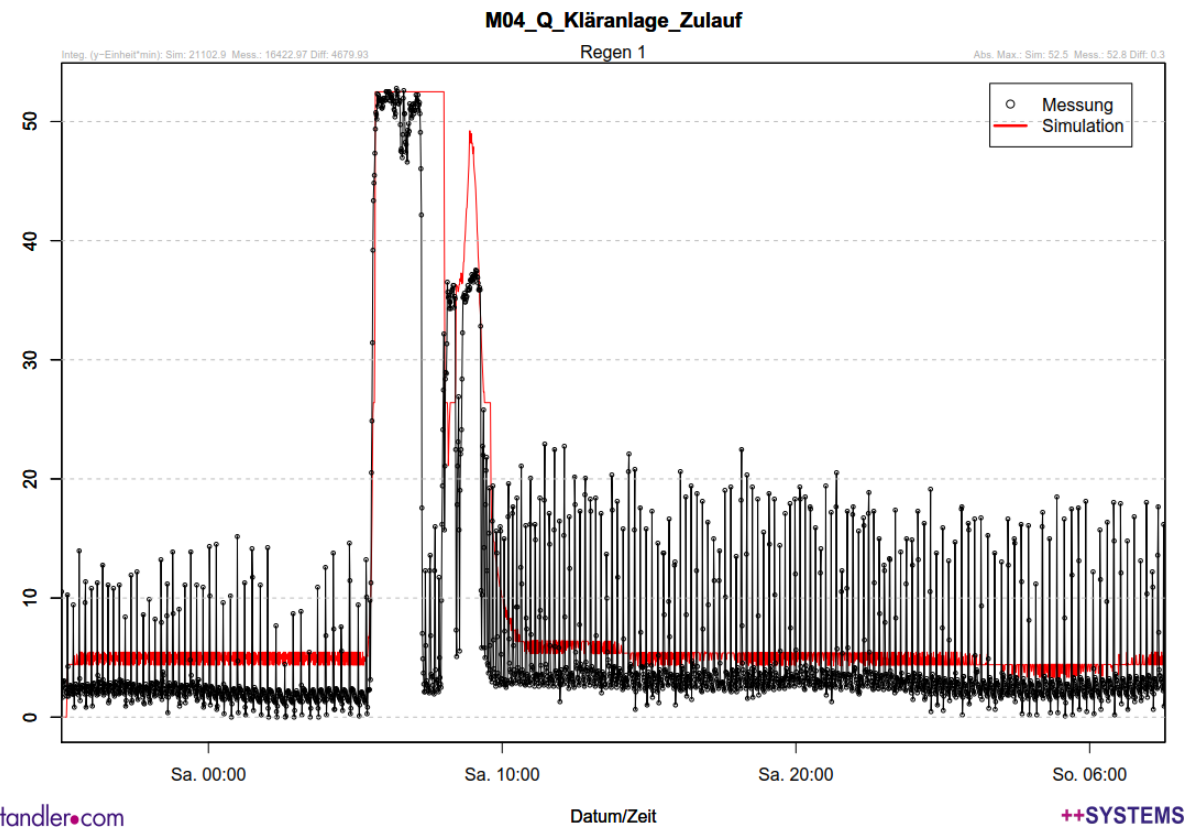
Kalibrálás vizuális megjelenítése néhány példán keresztül, piros a számított, fekete pedig a mért:



Mérőhely M01: Hozam (l/s)



Mérőhely M03: Vízszint (m)



Mérőhely M04: Hozam (l/s) – Szennyvíztelep

### Eredmények RB 11 alapján

A kalibrálást követően már ezen a rajzon is jól látszik, hogy jóval kevesebb a terhelés, csak pár utcában fordult elő kiöntés.



Modellcsapadék Euler Typ II (d=60 min, NS=29.9, T=3 év)

## Eredmények RB 19 alapján

A kalibrálás után az is kiderült, hogy plusz tározó kapacításra egyáltalán nincsen szükség, az előírt határértékek tarthatók a jelenlegi hálózattal.

Határértékek						
Variáció	Oldott anyag $\eta_R$			Szűrhető anyag $\eta_{AFS}$		
	számított	szükséges	Differencia	számított	szükséges	Differencia
	[%]	[%]		[%]	[%]	
<b>5. Meglévő kalibrálás után</b>	<b>65,44%</b>	47,26%	138%	<b>72,42%</b>	62,26%	116%

Sőt vizsgáltuk a közeljövőben várható fejlesztésekre is a modellt, és mivel jellemzően az új hálózatok már elválasztott rendszerben épülnek, nem okoztak nagy eltérést, a határértékek továbbra is tarthatók.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Egy osztrák kis településre a rendelkezésre álló adatok (pl. digitális alaptérkép, csatornahálózat szakági nyilvántartás, csapadék mérések stb.) alapján Kanal++ szoftverrel hidrodinamikai modellt állítottunk fel, melyet első körben kalibrálás nélkül futtattuk le, mivel nem álltak rendelkezésre részletes mérési adatok. Az eredmények alapján plusz tározó kapacításra volt szükség.

Tovább próbálkozva a kalibrálás elkerülésével, az ÖWAV RB 19 szerint kis települések esetében ( $EW < 5000$ ) lehetőség van kalibrálás nélküli számításra is. Ebben az esetben a burkolt felület területét +20 %-kal kellett megnövelni. Az eredmények, ahogy az várható volt még rosszabbak lettek, hiszen megnöveltük a vízgyűjtő területet. Így még nagyobb tározó kapacításra volt szükség.

Továbbra is zavaró volt, hogy úgy építsünk egy költséges új tározót, hogy a döntést megalapozó számításokat kalibrálatlan modellen végeztük. A kalibráció elvégzése mellett szólt az is, hogy a településen nem észleltek rendszeresen jelentkező kiöntéseket (RB 11), ahogyan azt a kalibrálatlan modell mutatta. Végül sikerült az Önkormányzatot meggyőzni, hogy ilyen komoly beruházás előtt szükséges megfelelő mérési adatokra támaszkodó modell kalibráció elvégzése.

A kalibráláshoz szükséges hozam, vízszint és egyidejű csapadékmennyiség mérésre végül 2022. június végén került sor.

A tényleges valós, mérési eredmények alapján történő kalibrálás után kiderült, hogy sem jelenleg, sem a közeljövőben nincs szükség a hálózat tározó kapacitásának növelésére.

Természetesen a projekt zárásaként megvizsgáltuk különböző scenáriókra is a modellt, esetlegesen, hogy hol és min érdemes változtatni a rendszer még hatékonyabb működése érdekében.