

# **S Z A K D O L G O Z A T**

**Meretei Gábor**  
**2022**

Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Víz tudományi Kar  
Területi Vízgazdálkodási Tanszék  
Építőmérnöki Alapképzési Szak  
Területi Vízgazdálkodás Specializáció

## **Mértékadó árvízszámítás empirikus módszereinek elemzése és automatizálása**

### **Belső konzulens:**

Dr. Keve Gábor, egyetemi docens

### **Szakfelelős:**

Dr. Keve Gábor, egyetemi docens

### **Készítette:**

**Meretei Gábor**



**Baja**

**2022**

## **TARTALOMJEGYZÉK**

1. Bevezetés .....	2
2. Szakirodalmi áttekintés .....	3
2.1. A mértékadó árvíz fogalma .....	3
2.2. Empirikus árvízszámítási módszerek .....	3
2.2.1. A Csermák-módszer .....	3
2.2.2. A Kollár-módszer .....	6
2.2.3. A racionális módszer .....	8
2.2.4. A Kovács-Takács-módszer.....	10
2.2.5. A Markó-módszer.....	11
2.2.6. Az Eszéky-Virág-módszer.....	13
2.2.7. A Ven Te Chow-Wisnovszky-módszer.....	14
2.2.8. Becslő módszer a nagy- és a középvízhozam aránya alapján .....	16
2.2.9. Az OVF árvízszámítási segédlete szerinti eljárás.....	17
2.2.10. A Vízügyi Műszaki Segédlet szerinti csapadékszámítási eljárás .....	19
2.2.11. Empirikus árvízszámítási eljárások külföldön.....	24
2.2.11.1. A Dicken-formula.....	24
2.2.11.2. A Ryves-formula .....	25
2.2.11.3. Az Inglis-formula .....	25
2.2.11.4. A Fuller-formula.....	25
2.2.11.5. A racionális módszer külföldön.....	26
2.2.11.6. Az SCS módszer .....	28
2.3. A HEC-HMS modell .....	30
3. Az empirikus módszerek elemzése.....	35
3.1. Összehasonlítás szakirodalom alapján .....	35
3.2. Megváltozott hidrológiai viszonyok figyelembevétele .....	37
4. Az automatizálás menete .....	38
4.1. Ven Te Chow-Wisnovszky-módszer.....	39
4.2. Racionális módszer.....	50
4.3. OVF árvízszámítási segédlet .....	55
5. Összefoglalás .....	59
6. Szakirodalom jegyzék.....	60
7. Függelékek .....	62
8. Mellékletek .....	63
9. Köszönetnyilvánítás .....	64

## ***1. BEVEZETÉS***

Szaktervezésemben a mértékadó árvízszámítás empirikus módszereivel foglalkoztam. Hazánkban több módszer is ismert, mindegyik más módon számítja ki a mértékadó vízhozamokat, illetve mindegyiknek más-más felhasználhatósági korlátai vannak. Ezáltal mindegyik módszer eltérő eredményeket ad és a legalkalmasabb módszer megválasztása nagy jelentőséggel bír a tervezési munkálatokhoz kapcsolódó árvízszámítások megbízhatósága szempontjából.

Az empirikus árvízszámítási módszerek elterjedt és széles körben használható eljárások, melyek különösen az adatszegény területekre adnak elfogadható eredményeket. A hazánkban ismert módszerek többségét az 1960-70-es években dolgozták ki, az akkori hidrológiai viszonyokra alapozva. Napjainkra viszont a hidrológiai körforgás egyre szélsőségesebbé és nehezebben kiszámíthatóvá vált: az emberi tevékenységek révén megváltoztak a lefolyásviszonyok, az aszályos időszakok hosszabbak, csapadék pedig ritkábban hullik, de olyankor akár nagyobb mennyiségben. Ezekből kifolyólag a jelenleg ismert hazai empirikus árvízszámítási módszerek már nem mindig adnak pontos eredményeket, ugyanakkor eredményességük javítható, sőt, a külföldi eljárásrendektől még mindig képesek realisztikusabb, hazánk viszonyaira jobban illeszkedő értékeket szolgáltatni.

Ahogy a számítástechnika egyre jobban fejlődik, úgy az árvízszámítás is egyre inkább a lefolyásmodellezés irányába halad. A lefolyásmodellezés problémája viszont az, hogy nehezen állíthatók elő olyan megbízható adatok, amikre a modelleket kalibrálni lehetne, így viszonyítási alap hiányában a reprezentativitásuk is megkérdőjelezhető. Az empirikus árvízszámítási módszereknek abból a szempontból lehet is létjogosultsága, hogy adhatnak kalibrálási alapot a lefolyásmodelleknek, amennyiben aktualizálásra kerülnek, ezáltal pontosabb modellezések lehetnek elvégezhetőek.

Szaktervezésemben két célt tűztem ki. Egyrészt a hazánkban jelenleg ismert empirikus árvízszámítási módszereket szándékozom elemezni és javaslatokat megfogalmazni a jelenlegi hidrológiai viszonyokra való átdolgozásukra. Másrészt az elemzés tapasztalataira építve a három legjobbnak ítélt empirikus módszert automatizáltam egy Excel-fájl készítése által. Az Excel-fájl segítségével az empirikus módszerek fáradtságos és olykor időigényes feladatait a kiindulási adatok megadását követően azonnal elvégezheti a tervező mérnök. Ez azért is hasznos a mérnökök számára, mert jelenleg még nincs olyan alkalmazás, amivel kifejezetten empirikus árvízszámítás végezhető el és közvetlenül alkalmazható magyar területeken.

## **2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS**

### **2.1. A mértékadó árvíz fogalma**

A mértékadó árvíz – a napjainkban érvényben lévő előírások alapján – jelentésstartalma azt a megállapított árvízszintet és tartósságot takarja, amely terhelésére méretezni kell az árvízvédelmi műveket és műtárgyakat abból a célból, hogy az adott mentesített területen élők személy- és vagyónvédelmét biztosítani tudjuk. Ennek megválasztása társadalmi és gazdasági fejlettségtől, valamint a korábbi hidrológiai eseményektől és azok időbeni alakulásától függ. (Dobó, 2018)

A tudomány előrehaladásának eredményeképpen lehetőség adódott a mértékadó árvíz valószínűségi alapon való megállapítására is. Mértékadó vízállásként a 100 éves átlagos visszatérési idejű jégmentes árvíz idejében mérhető legnagyobb vízállásokat tekintjük, ami az ország teljes területén 1973 óta használatos érték (KÖTIVIZIG, 2014). Mértékadó időtartamként az 1%-os valószínűséget meghaladó vízállások tartósságának időtartamát tekintjük, napokban kifejezve. A mértékadó árvízszint bizonytalanságaiból adódóan és az előre nem látható rendkívüli árvíz esetek elleni védekezés céljából 1-1,5 m biztonsági magasság tervezése is előírt. (Dobó, 2018)

### **2.2. Empirikus árvízszámítási módszerek**

#### **2.2.1. A Csermák-módszer**

A módszer az amerikai Myer-féle képlet hazai viszonyokra történt átdolgozásán alapszik. (Koris – Kontur – Winter, 1987)(Krizsán, 2012)(Szalóczy, 2001) A p(%) előfordulási (meghaladási) valószínűségű vízhozam az alábbi képlet segítségével történik:

$$Q_{p\%} = r * B_{3\%} * \sqrt{A}$$

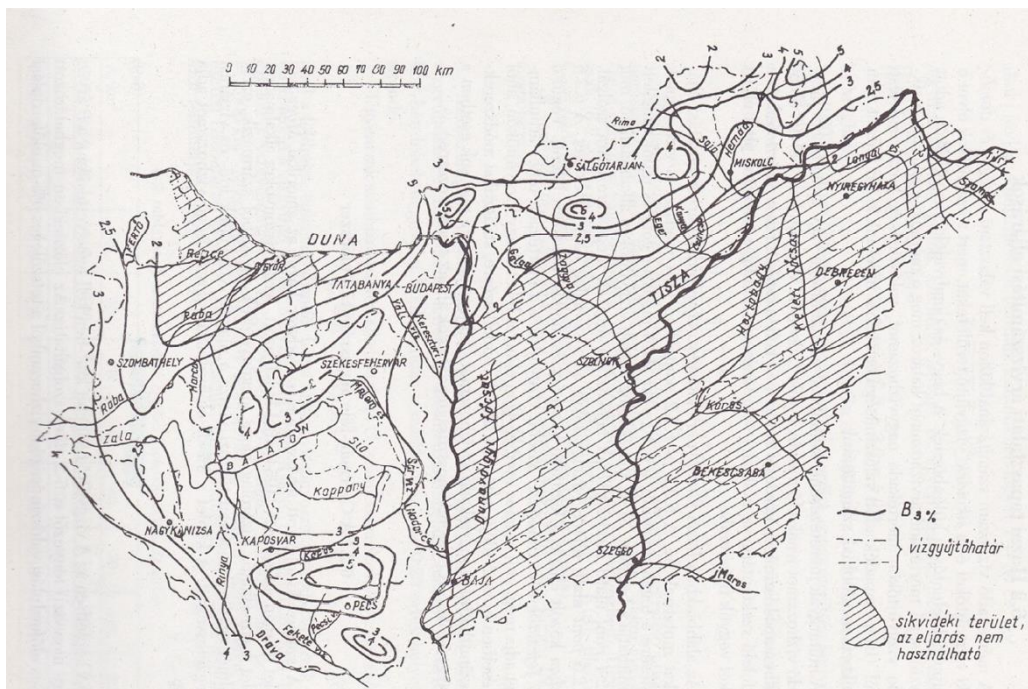
ahol:

$Q_p$ : Az adott előfordulási valószínűségű vízhozam,  $m^3/s$ -ban

$r$ : Valószínűségtől függő tényező, melynek értéke a 2. ábrán lévő grafikon segítségével állapítható meg. Értéke  $Q_{3\%}$  esetén  $r=1$

$B_{3\%}$ : Nagyvízi vagy árvízi tényező, 3%-os előfordulási valószínűségre. Értéke az 1. ábrán látható izovonalas térképről olvasható le.

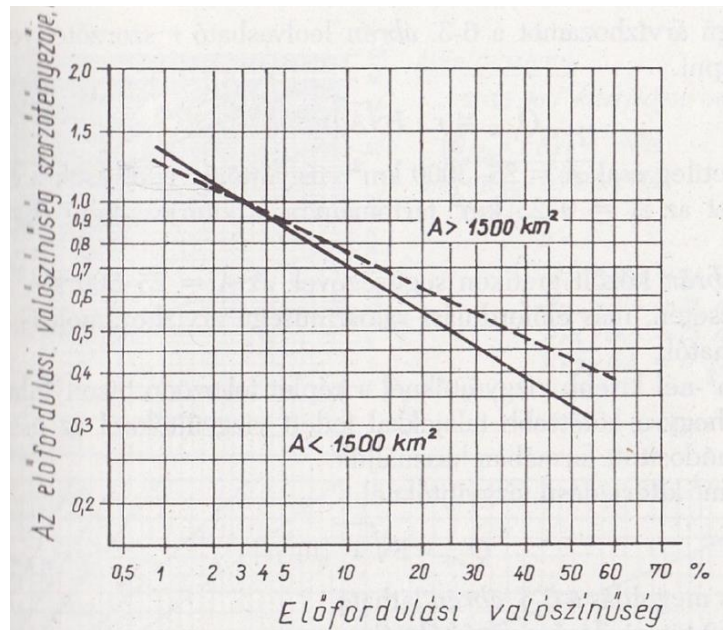
$A$ : vízgyűjtőterület nagysága,  $km^2$ -ben megadva, ebben az eljárásban elsősorban 25-3000  $km^2$ -ig (Krizsán, 2012)



1. ábra: A  $B_{3\%}$  nagyvízi vagy árvízi tényező meghatározását segítő izovonalas térkép.

(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

Ahogy az ábrán látható, az eljárás kizárólag hegy- és dombvidéki területeken alkalmazható. A  $B_{3\%}$  tényező a vizsgált területen áthaladó izovonal értékével egyezik meg. Az izovonalak alapján értéke az ország magasabb pontjain a tényező nagyobb értéket vesz fel.



2. ábra: Az  $r$  valószínűségi tényező meghatározását segítő grafikon  
(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

Az előfordulási valószínűség és a vízgyűjtőterület nagysága ismert. Az  $r$  tényező értéke ezek alapján egyszerű leolvasással megállapítható.

A képlet a fentebbi formájában  $25 \text{ km}^2$ -nél kisebb vízgyűjtőterületeken bizonytalan eredményeket ad. Az alábbi módosításokkal javíthatóak a bizonytalanságok (Koris – Kontur – Winter, 1987)(Krizsán, 2012)(Szalóczy, 2001):

$$10\text{-}25 \text{ km}^2 \text{ kiterjedésű vízgyűjtőterületeken: } Q_{p\%} = r * B_{3\%} * \sqrt[3]{A^2}$$

$$5\text{-}10 \text{ km}^2 \text{ kiterjedésű vízgyűjtőterületeken: } Q_{p\%} = r * B_{3\%} * \sqrt[4]{A^3}$$

$$5 \text{ km}^2\text{-nél kisebb kiterjedésű vízgyűjtőterületeken: } Q_{p\%} = r * B_{3\%} * A$$

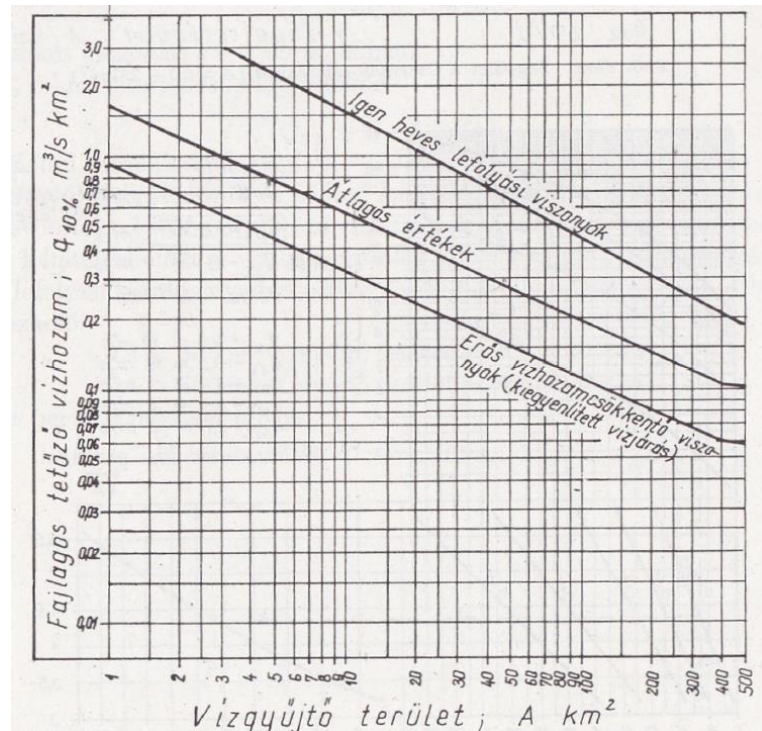
A grafikus megoldás segédleteit az 1. melléklet tartalmazza.

A módszer hibahatára (Koris – Kontur – Winter, 1987):

- $A < 50 \text{ km}^2$  kiterjedésű vízgyűjtőterület esetén  $\pm 40\%$
- $A > 50 \text{ km}^2$  kiterjedésű vízgyűjtőterület esetén  $\pm 20\%$

### 2.2.2. A Kollár-módszer

A módszer a 10%-os valószínűségű fajlagos tetőző nagyvízhozamot veszi alapul, amely függ a vízgyűjtőterület nagyságától és a lefolyási viszonyoktól. Az eljárás 1-500 km<sup>2</sup> kiterjedésű hegy- és dombvidéki vízgyűjtőterületeken alkalmazható. (Koris – Kontur – Winter, 1987)(Krizsán, 2012)(Szalóczy, 2001) A módszerhez szükséges grafikonokat a 3. és a 4. ábra mutatja:



3. ábra: A 10%-os valószínűségű fajlagos vízhozamok meghatározását segítő grafikon

(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

A fenti grafikon a vízgyűjtőterület kiterjedésének függvényében ábrázolja a 10%-os valószínűségű tetőző vízhozamot, három különböző lefolyási viszonyra. A lefolyási viszonyok egyéni megfontolásból ítéltethők meg, a vízgyűjtőterület ismeretében pedig az alábbi képlettel számítható ki a 10%-os valószínűségű tetőző vízhozam (Koris – Kontur – Winter, 1987)(Krizsán, 2012)(Szalóczy, 2001):

$$Q_{10\%} = q_{10\%} * A$$

ahol:

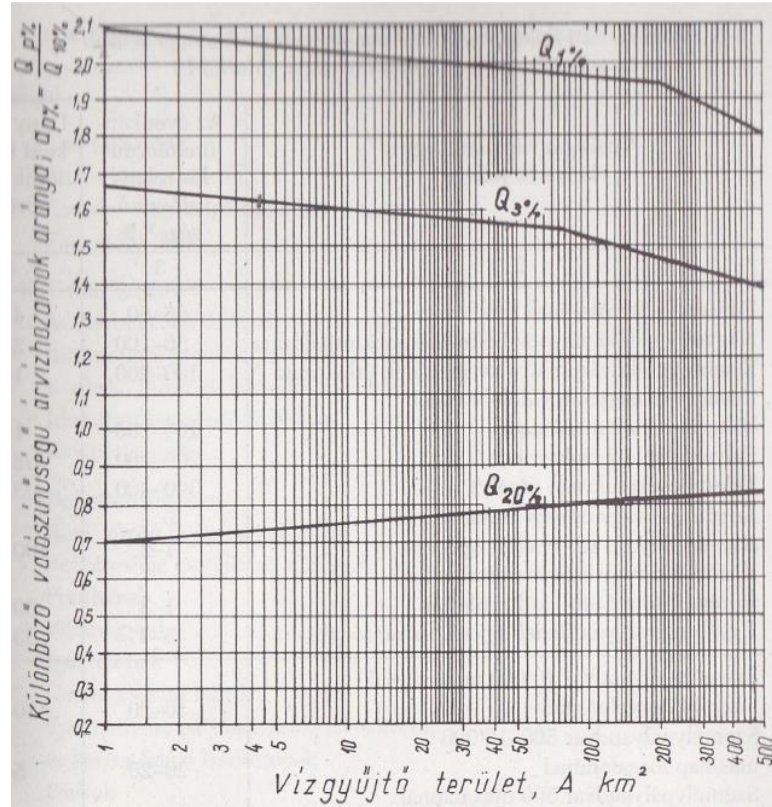
$Q_{10\%}$ : 10% valószínűségű tetőző vízhozam, m<sup>3</sup>/s-ban

$q_{10\%}$ : 10% valószínűségű fajlagos tetőző vízhozam m<sup>3</sup>/(s\*km<sup>2</sup>)-ben



A: Vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

A 10%-os valószínűségtől eltérő valószínűségű vízhozam számításához a lentebbi, 4. ábrán lévő grafikont kell használni.



4. ábra: A különböző valószínűségű vízhozamok meghatározását segítő grafikon

(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

A grafikon a vízgyűjtőterület kiterjedésének függvényében mutatja a tetszőleges és a 10%-os valószínűségű vízhozam arányát. Ennek ismeretében az alábbi képlet alkalmazandó:

$$Q_{p\%} = a_{p\%} * Q_{10\%}$$

ahol:

$a_{p\%}$ : Valószínűségi szorzó, melynek értéke a 4. ábra grafikonjáról olvasható le.

Jól megbecsült lefolyási viszonyok esetén a módszer hibahatára a következő (Koris – Kontur – Winter, 1987):

- $A < 50 \text{ km}^2$  kiterjedésű vízgyűjtőterület esetén  $\pm 50\%$
- $A > 50 \text{ km}^2$  kiterjedésű vízgyűjtőterület esetén  $\pm 25\%$

### 2.2.3. A racionális módszer

A módszer azon az elven alapszik, miszerint egy vízfolyás adott szelvényében az a csapadék adja a mértékadó vízhozamot, amelynek időtartama (T) a szelvényhez tartozó összegyülekezési idővel ( $\tau$ ) egyezik meg, vagyis  $T = \tau$ . Az eljárás elsősorban 30 km<sup>2</sup>-nél kisebb kiterjedésű vízgyűjtőterületekre alkalmazható. (Koris – Kontur – Winter, 1987)(Szalóczy, 2001)

Az eljáráshoz alkalmazandó segédleteket a 2. melléklet tartalmazza.

Az összegyülekezési idő a Wisnovszky-féle képlettel számítható:

$$\tau = \frac{L^2}{\sqrt{A * I}}$$

ahol:

$\tau$ : Összegyülekezési idő, percben megadva

L: A völgy hossza, km-ben

I: A völgy átlagos esése, m/m-ben

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

Amennyiben a völgy esését nem lehet egyetlen értékkel jellemezni, akkor a töréspontok közötti szakaszokra külön-külön ki kell számítani az összegyülekezési időket – a szakaszokhoz tartozó részvízgyűjtők figyelembevételével együttesen -, majd a részeredményeket összegezni kell a teljes összegyülekezési idő meghatározásához. Az összegyülekezési idő grafikusán is meghatározható a 2. mellékletben elhelyezett grafikon segítségével. (Koris – Kontur – Winter, 1987)

Az összegyülekezési idő fentebb leírt egyenlete akkor alkalmazható ebben a formában, ha a vízgyűjtőterület kiterjedése 0-500 km<sup>2</sup>. 500-2000 km<sup>2</sup> kiterjedés esetén az egyenlet a lentebb látható módon módosul (Négyesi, 2021):

$$\tau = \frac{L^2}{\sqrt{A * I}} * \frac{1,04 - A}{5850}$$

Az eredmény bizonytalan 1 % lejtés alatt, továbbá a fentebbi egyenlet 2000 km<sup>2</sup> vízgyűjtőterület kiterjedés felett nem alkalmazható (Négyesi, 2021)

A mértékadó csapadékkintenzitást a csapadékmaximum függvény határozza meg:

$$i_{p\%} = f(T, p\%)$$

Az eljárás feltételezi, hogy a csapadék és a vízhozam valószínűsége megegyezik, vagyis hogy a  $Q_{p\%}$  vízhozam az  $i_{p\%}$  intenzitású csapadékból keletkezik. Az évenkénti előfordulás relatív valószínűségét és a gyakoriságot szintén a *2. mellékletben* elhelyezett táblázat alapján lehet meghatározni. Fontos megjegyezni, hogy például úthálózatok csapadékvíz elvezetésének méretezéséhez Budapest belterületén 4 éves, nagyobb vidéki városközpontok esetében 2 éves, vidéki városok esetében és Budapest külterületein 1 vagy 2 éves, mezőgazdasági városok illetve községek esetén pedig 1 éves gyakoriság vehető figyelembe. (*Koris – Kontur – Winter, 1987*)

Az  $\alpha$  lefolyási tényező meghatározásához a nemhomogén területeket részterületekre kell osztani és a részterületek kiterjedésére súlyozva számított átlagolást kell végezni a Kenessey-táblázatok – *2. mellékletben 2-3. és 6. ábraként* elhelyezve – alapján.

$$\alpha = \frac{\alpha_1 * A_1 + \alpha_2 * A_2 + \dots + \alpha_n * A_n}{A} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i * A_i}{A}$$

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

ahol:

$\alpha_i$ : A részvízgyűjtő területekhez tartozó lefolyási tényezők, értékük a *2. mellékletben* elhelyezett táblázatok segítségével vehetők fel, a területviszonyok figyelembevételével

$A_i$ : A részvízgyűjtőterületek kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

A mértékadó vízhozam az alábbi képletből határozható meg:

$$Q_{p\%} = \alpha * i_{p\%} * A$$

ahol:

$Q_{p\%}$ : A p% valószínűségű vízhozam, m<sup>3</sup>/s-ban

$\alpha$ : A lefolyási tényező

$i_{p\%}$ : A p% valószínűségű csapadékintenzitás

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

#### 2.2.4. A Kovács-Takács-módszer

Az eljárás leginkább 5-3000 km<sup>2</sup> közötti kiterjedésű vízgyűjtőterületeken alkalmazható. A módszer a fajlagos közepes nagyvízhozam ( $q_q$ ) meghatározásával kezdődik, a vízgyűjtőterület kiterjedésének függvényében, az ezt segítő grafikont a 3. melléklet tartalmazza. (Koris – Kontur – Winter, 1987)

Első lépésben a vízfolyást jellemző, 3. mellékletben található grafikont vonatkozó egyenesét határozzuk meg, ami háromféleképpen tehető meg (Koris – Kontur – Winter, 1987):

- A forrásvidék tengerszint feletti magassága alapján
- A Csermák-módszerből ismert B fajlagos árvízi tényező alapján
- A vízfolyást leíró P pataki paraméter alapján

A legutóbbi módszert leginkább akkor alkalmazzuk, ha a nagyvízhozam hosszmenti változását szándékozzuk megvizsgálni. A P pataki paraméter a lentebbi képletek segítségével határozható meg (Koris – Kontur – Winter, 1987):

$$P = \frac{l^{3/2}}{h^{1/2}}$$

ahol:

P: Pataki paraméter, m-ben

l: A vizsgált vízfolyás hossza a forrásvidéktől a vizsgált szelvényig, m-ben

h: A forrásvidék és a vizsgált szelvény közötti magassági különbség, m-ben

$$P = \frac{l}{\sqrt{I}}$$

$$I = \frac{h}{l}$$

ahol:

I: A vízgyűjtőterület jellemző esése, m/m-ben

Következő lépésben a segédletből leolvassuk a fajlagos közepes nagyvízhozamot ( $q_0$ ), amit megszorozunk a vízgyűjtőterület kiterjedésével, így megkapjuk a közepes nagyvízhozamot (Koris – Kontur – Winter, 1987):

$$Q_0 = q_0 * A$$

ahol:

$Q_0$ : Közepes nagyvízhozam, l/s-ban

$q_0$ : Fajlagos közepes nagyvízhozam, l/(s\*km<sup>2</sup>)-ben

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

Ezután következik a  $C_v$  és a  $C_s$  tényezők meghatározása, melyek jellemző értékei (Koris – Kontur – Winter, 1987):

- Ha  $1 < A < 10$  km<sup>2</sup>, akkor  $C_v = 0,5$  és  $C_s = 1,0$
- Ha  $10 < A < 100$  km<sup>2</sup>, akkor  $C_v = 0,45$  és  $C_s = 0,9$
- Ha  $100 < A < 3000$  km<sup>2</sup>, akkor  $C_v = 0,4$  és  $C_s = 0,8$

A különböző valószínűségű vízhozamokat a Pearson III. eloszlásfüggvény alapján lehet meghatározni, az 1. táblázatban leírtak segítségével (Koris – Kontur – Winter, 1987):

$$Q_{p\%} = Q_0 (1 + \phi_p * C_v)$$

A [km <sup>2</sup> ]	p [%] [év]		0,5	1	3	5	10
			200	100	33,3	20	10
1 – 9,99	$C_v = 0,5$	$C_s = 1,0$	2,74	2,51	2,12	1,94	1,67
10 – 99,9	$C_v = 0,45$	$C_s = 0,9$	2,53	2,33	2,00	1,84	1,60
A > 100	$C_v = 0,4$	$C_s = 0,8$	2,32	2,15	1,87	1,74	1,53

1. táblázat: Az  $(1 + \phi_p * C_v)$  értékei  
(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

A módszer megbízhatósága a vízgyűjtőterület kiterjedése alapján a következő (Koris – Kontur – Winter, 1987):

- $A < 50$  km<sup>2</sup> esetén  $\pm 40\%$
- $A > 50$  km<sup>2</sup> esetén  $\pm 20\%$

### 2.2.5. A Markó-módszer

A 3%-os valószínűségű vízhozam meghatározására alkalmas képlet (Koris – Kontur – Winter, 1987):

$$Q_{3\%} = q * A * \frac{A}{A + E}$$

$$q = \frac{C}{\sqrt[3]{A}}$$

L/S	0,7	1	2	3	4	5	6	7
C	15	12	10	9	8	7	6,5	6

2. táblázat: A C alaki tényező meghatározása

(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

ahol:

$Q_{3\%}$ : 3% valószínűségű vízhozam,  $m^3/s$ -ban

$q$ : Mértékadó fajlagos nagyvízhozam,  $m^3/(s \cdot km^2)$ -ben megadva, az 5. ábra grafikonjából, vagy a 4. mellékletben elhelyezett segédlet alapján meghatározva

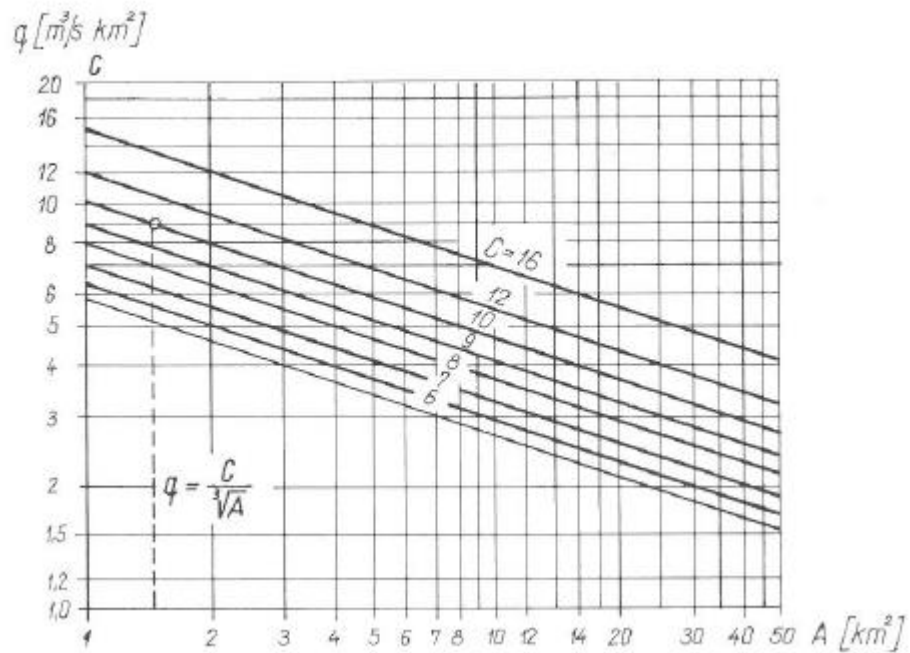
L: A vízgyűjtőterület hossza, km-ben megadva

S: A vízgyűjtőterület legnagyobb szélessége, km-ben megadva

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése,  $km^2$ -ben megadva

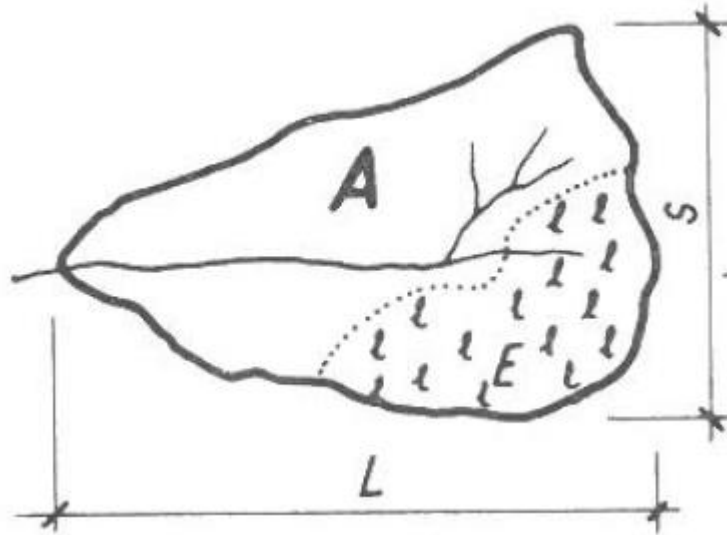
E: A vízgyűjtőterület erdővel borított része,  $km^2$ -ben megadva

C: A vízgyűjtőterület alaki tényezője a 2. táblázat és a 6. ábra szerint



5. ábra: A mértékadó fajlagos nagyvízhozam meghatározása

(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)



6. ábra: A vízgyűjtőterület alaki adatainak szemléltetése  
(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

#### 2.2.6. Az Eszéky-Virág-módszer

Az eljárás 30 vízhozamnyilvántartó szelvény átlagosan 25 éves vízhozam adatsorát veszi alapul, 1, 3, 10 és 20%-os előfordulási valószínűségekre. A vízgyűjtőterületek a következőképpen kerültek felosztásra:

$A < 50 \text{ km}^2$ :	5 eset
$A < 100 \text{ km}^2$ :	8 eset
$A < 200 \text{ km}^2$ :	18 eset
$A < 500 \text{ km}^2$ :	24 eset
$A < 2100 \text{ km}^2$ :	30 eset

Az alábbi képlet a különböző előfordulási valószínűségű maximális fajlagos árvízi lefolyások és a vízgyűjtőterület kiterjedése közötti kapcsolatot szemlélteti:

$$\ln q_p = a + b * \ln A$$

ahol:

$q_p$ : A  $p$  valószínűségű fajlagos árvízhozam,  $\text{m}^3/(\text{s} * \text{km}^2)$ -ben megadva

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése,  $\text{km}^2$ -ben megadva

A különböző valószínűségekre megállapított a és b tényezők értékei és a korrelációs tényezők az 5. melléklet 1. ábrájában szerepelnek.

A fentebbi összefüggéssel számolt és az észlelési helyek adott valószínűségű, tényleges fajlagos vízhozama eltér egymástól, amire a helyi lefolyási viszonyok is nagy befolyással vannak. Ezt az eltérést a  $C_p\%$  fajlagos árvízi korrekciós tényezővel jellemezzük, ami az összefüggéssel számolt és a tényleges fajlagos vízhozam hányadosa. Ez az eltérés független a vízgyűjtőterület nagyságától, ahogy az az 5. melléklet 2. ábrájában is látható. A  $C_p\%$  tényezők becslése az 5. melléklet 3-6. ábráiban szereplő izovonalas térképek alapján végezhető el. (Beke – Eszéky – Virág, 1983)(Szalóczy, 2001)

Az árvízhozamok az alábbi módon számolhatóak:

$$Q_{p\%} = A * q_{p\%} * C_{p\%}$$

ahol:

$Q_{p\%}$ : A  $p$  valószínűségű árvízhozam,  $m^3/s$ -ban

$q_{p\%}$ : A  $p$  valószínűségű fajlagos árvízhozam,  $m^3/(s*km^2)$ -ben

$C_{p\%}$ : A  $p$  valószínűséghez tartozó fajlagos árvízi korrelációs tényező

#### 2.2.7. A Ven Te Chow-Wisnovszky-módszer

Ezzel az eljárással – szokták árvízi paraméter módszernek is nevezni – nem csak mértékadó árvízhozamot, hanem mértékadó árhullámképet is meg lehet határozni. A módszer maximum 0-500  $km^2$  kiterjedésű kis vízgyűjtőterületeken alkalmazható, azonban korrekciókkal 2000  $km^2$  vízgyűjtőterületig is használható. A segédleteket a 6. melléklet tartalmazza. (Chow, 1962)(Wisnovszky, 1968)

A lefolyási tényező az alábbi képlettel számítható, a racionális módszerhez hasonlóan:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 * A_1 + \alpha_2 * A_2 + \dots + \alpha_n * A_n}{A} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i * A_i}{A}$$

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$



ahol:

$\alpha_i$ : A részvízgyűjtő területekhez tartozó lefolyási tényezők, értékük a 6. melléklet 1. ábrája segítségével vehetőek fel, a területviszonyok figyelembevételével.

$A_i$ : A részvízgyűjtőterületek kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

A részvízgyűjtők lefolyási tényezőjét a 6. melléklet 1. ábrája alapján kell felvenni.

Az árhullám késleltetési ideje a következő képlettel számítható:

$$\tau_k = 0,00505 * \left( \frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0,64}$$

ahol:

$\tau_k$ : Az árhullám késleltetési ideje, órában

$L$ : Lefolyási úthossz, m-ben megadva

$I$ : Átlagos esés, %-ban

A mértékadó vízhozam az alábbi képlettel határozható meg:

$$Q = X * Y * Z * A$$

ahol:

$Q$ : Mértékadó vízhozam, m<sup>3</sup>/s-ban

$X$ : A lefolyási viszonyokat kifejező tényező

$Y$ : A csapadékviszonyokat kifejező tényező

$Z$ : Csúcsredukciós tényező

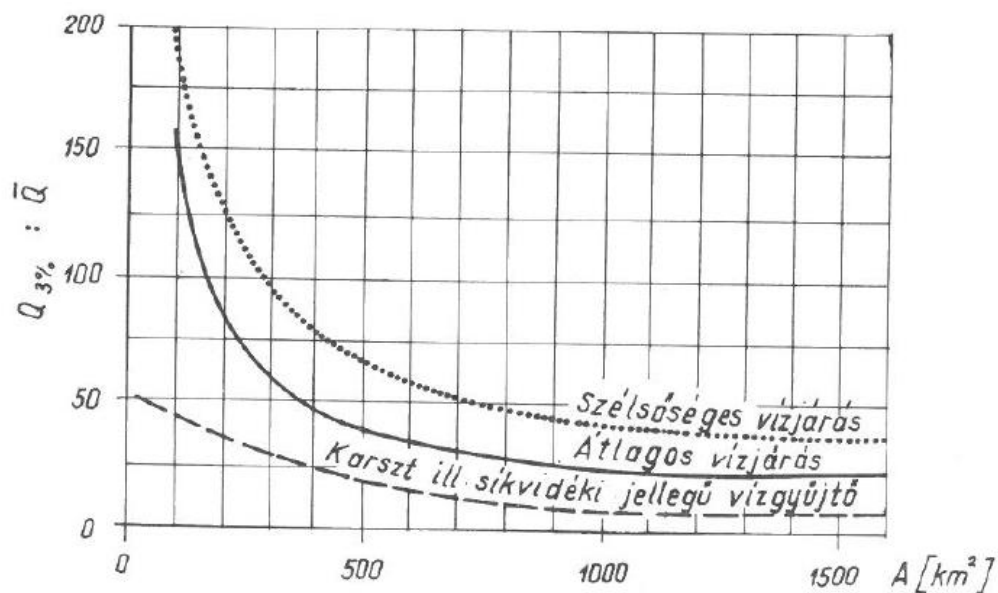
$A$ : A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

Az árhullám késleltetési idejének meghatározása után határozzuk meg a csapadékviszonyokat kifejező  $Y$  tényezőt, amelyhez a 6. melléklet 3-4. ábráját használjuk fel – figyelembe véve a vizzatérési időt is –, a Magyarország-ábráról az érintett terület elhelyezkedésének megfelelő érték felvételével. A csapadékviszonyokat kifejező tényező meghatározása után meghatározunk egy időlépcsőt, majd 0-tól  $\Delta t$  időközönként meghatározzuk a  $t[h]$  értékeket. Ezt követően a  $t[h]$  értékekhez kiszámítjuk a  $t/\tau_k$  hányadosokat. Következő lépésként a lefolyási viszonyokat kifejező  $X$  tényező meghatározása következik a

lefolyási tényező és a gyakoriság ismeretében, minden  $t[h]$  értékre vonatkozólag, melyet szintén a 6. melléklet 3-4. ábrája segítségével tehetünk meg. Szükség esetén lineáris interpolálást kell alkalmazni minden  $t[h]$  értéknél, majd az interpolált eredményekkel kell tovább számolni. Utolsó lépésként a 6. melléklet 2. ábrája segítségével meghatározzuk a Z csúcsredukciós tényező egyenletét, majd a fenti képlettel kiszámítjuk a vízhozamokat minden  $t/\tau_k$  hányadosra, ezzel megkapva a mértékadó árhullámképet. A mértékadó maximális vízhozam az árhullámkép legnagyobb vízhozam értékével egyezik meg. (Wisnovszky, 1968) A módszer hibája  $\pm 40\%$ . (Koris – Kontur – Winter, 1987)

### 2.2.8. Becslő módszer a nagy- és a középvízhozam aránya alapján

A módszer alapja a 7. ábrán elhelyezett grafikon, amely az árvízhozam és a középvízhozam arányát mutatja a vízgyűjtőterület kiterjedésének függvényében. A vízgyűjtő terület jellegét a 2. melléklet 4. ábrája alapján lehet becsülni. A sokéves középvízhozam meghatározásához a 4. mellékletben elhelyezett ábra nyújt segítséget. Ezek ismeretében a  $Q_{3\%}/Q$  hányados ismertté válik, ami a lentebbi grafikonról leolvasható, ebből pedig meghatározható a 3% valószínűségű vízhozam. Tetszőleges valószínűségű vízhozam meghatározásához a 2. ábrán elhelyezett grafikon használata szükséges. (Koris – Kontur – Winter, 1987)



7. ábra: Az árvízhozam és a középvízhozam arányát szemléltető grafikon, hazai adatok alapján

(Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

### 2.2.9. Az OVF árvízszámítási segédlete szerinti eljárás

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság által készített árvízszámítási segédlet 10-6000 km<sup>2</sup> közötti vízgyűjtőterület kiterjedésén alkalmazható. Az előfordulási valószínűség, amire alkalmazható, 0,5 és 50% között terjed ki, vagyis 200 és 2 év közötti visszatérési időre. 0,5% előfordulási valószínűség alatt a segédlet nem alkalmazható, 50% feletti valószínűségre pedig elvi lehetőség áll fenn a segédlet alkalmazására. (Koris, 2021)

A segédlet Magyarországot 6 különböző lefolyási régióra osztja fel. Ezek:

- Észak-magyarországi lefolyási régió
- Budapest-környéki lefolyási régió
- Észak-dunántúli lefolyási régió
- Közép-dunántúli lefolyási régió
- Dél-dunántúli lefolyási régió
- Nyugat-dunántúli lefolyási régió

Ezen lefolyási régiók vízhálózati térképe a *segédlet 3.1. mellékletében* találhatóak meg. Ennek használatával lehet megállapítani a vizsgált vízfolyás elhelyezkedését, ami alapján a lefolyási függvényt meg kell választani. A lefolyási régió határán lévő vízfolyások esetén a szomszédos lefolyási régiókat is figyelembe kell venni és mérlegelni kell (Koris, 2021).

A lefolyási régió kiválasztása után az 5%-os valószínűségű fajlagos árvízhozam ( $q_{5\%}$ ) meghatározása következik a vízgyűjtőterület kiterjedésének (A) függvényében, azaz  $q_{5\%} = f(A)$ . Ehhez a segédlet 3.2. mellékletében, az előbbi mondat végén szereplő összefüggést szemléltető grafikonok egyikét kell alkalmazni, attól függően, hogy melyik lefolyási régió(k)ban dolgozunk. A grafikonokon az átlagos viszonyokat kifejező vonal, illetve alatta és felette egy-egy sáv látható. A felső sávot heves lefolyási viszonyok, az alsó sávot pedig nyugodt, kiegyenlített lefolyási viszonyok között kell használni. Célszerűen ezen tartományon belülről kell a számítási értékeket felvenni, de tartományon kívüli értékek is felvehetőek. Ehhez természetesen a vízgyűjtőterületek geográfiai, fedettségi, illetve egyéb lefolyást befolyásoló tényezőket is figyelembe kell venni. A segédlet 3.3.1. mellékletében szereplő táblázat a domborzati, földtani és növényzeti viszonyok lefolyást befolyásoló hatásait tartalmazza (Koris, 2021).

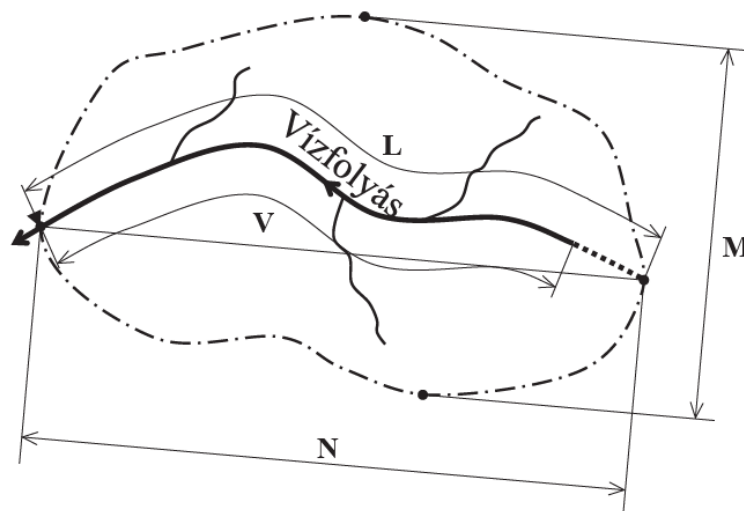
A segédlet 3.3.2. mellékletében az összegyülekezési idő számítása és a vízgyűjtőterület alakítási adatainak értelmezése – 8. ábrán elhelyezve - található. Az összegyülekezési idő a következőképpen számítható:

Ha  $0 < A < 500 \text{ km}^2$ , akkor  $\tau = \frac{L^2}{\sqrt{A \cdot I}}$

Ha  $500 < A < 2000 \text{ km}^2$ , akkor  $\tau = \frac{L^2}{\sqrt{A \cdot I}} * \left(1,04 - \frac{A}{5850}\right)$

Ha  $A > 2000 \text{ km}^2$ , akkor csak közelítő eredményt lehet kapni az előző képlet által

$$I = \frac{H_{max} - H_0}{L}$$



8. ábra: A vízgyűjtőterület alaki adatai  
(Forrás: Koris, 2021)

ahol:

$\tau$ : Összegyülekezési idő, percben

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése,  $\text{km}^2$ -ben megadva

E: A vízgyűjtőterület erdővel borított területe,  $\text{km}^2$ -ben megadva

L: Fővölgy hossza, km-ben

$H_0$ : A vízgyűjtő legalacsonyabb pontja (erózióbázis nullpontja), mBf-ben

$H_{max}$ : A vízgyűjtő legmagasabb pontja, mBf-ben

I: A fővölgy átlagos esése, m/m-ben

N: A vízgyűjtő hossza, km-ben megadva

M: A vízgyűjtő szélessége, km-ben megadva

Ezen paraméterek jellemző értékeit a *segédlet 3.3.3. melléklete* tartalmazza, lefolyási régióként. A *segédlet 3.4. melléklete* vízfolyások vízgyűjtőterületének kiterjedését, az elméleti eloszlás típusát, illetve a fajlagos 5% valószínűségű árvízhozamait tartalmazza, minden egyes lefolyási régióban. Mindennek ismeretében tetszőleges p% valószínűségű árvízhozam határozható meg az alábbi képlettel:

$$Q_{p\%} = a_i * q_{5\%} * A$$

ahol:

$Q_{p\%}$ : A p% valószínűségű árvízhozam, m<sup>3</sup>/s-ban

$a_i$ : Mértékegység nélküli valószínűségi szorzó, értékei a *3. táblázatban* találhatóak

$q_{5\%}$ : Az 5% valószínűségű fajlagos vízhozam, m<sup>3</sup>/(s\*km<sup>2</sup>)-ben

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

S.	Valószínűségi szorzók	$a_i = NQ_{i\%} / NQ_{5\%}$							
		$a_{0,5}$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_5$	$a_{10}$	$a_{20}$	$a_{50}$
1.	Észak-magyarországi lefolyási régió	1,95	1,63	1,34	1,19	1,00	0,77	0,55	0,27
2.	Budapest-környéki lefolyási régió	2,00	1,65	1,35	1,19	1,00	0,77	0,55	0,26
3.	Észak-dunántúli lefolyási régió	2,26	1,77	1,40	1,21	1,00	0,76	0,54	0,28
4.	Közép-dunántúli lefolyási régió	1,82	1,54	1,30	1,16	1,00	0,79	0,60	0,35
5.	Dél-dunántúli lefolyási régió	1,81	1,54	1,29	1,17	1,00	0,80	0,60	0,34
6.	Nyugat-dunántúli lefolyási régió	1,80	1,54	1,30	1,17	1,00	0,79	0,58	0,31

3. táblázat: A valószínűségi szorzó értékei

(Forrás: Koris, 2021)

#### 2.2.10. A Vízügyi Műszaki Segédlet szerinti csapadékszámítási eljárás

A Vízügyi Műszaki Segédletből kettőt használtam fel szakdolgozatomban: Az egyik rövididejű, vagyis 10-180 perces, a másik 3-24 órás időtartamú csapadékok kiszámítását részletezi. A Vízügyi Műszaki Segédlet felhasznált példányai a *7-8. mellékletben* találhatóak.

A segédlet a csapadék különböző előfordulási valószínűségeihez hozzárendel egy-egy átlagos visszatérési időt, melyet a *4. táblázat* szemléltet. A csapadékkintenzitás kizárólag ezen kettő jellemző valamelyikével értelmezhető. (VMS, 1978)

Átlagos visszatérési idő [év]	Előfordulási valószínűség [%]
1	~99
2	50
4	25
10	10
20	5
33	3
50	2
100	~1

4. táblázat: Az átlagos visszatérési idő és az előfordulási valószínűség viszonya

(Forrás: VMS, 1978)

A 10-180 perces csapadék kiszámításának első lépése a terepen való lefolyás idejének meghatározása, melynek képlete alább látható:

$$t_1 = 1,2 * \left( \frac{n * L}{\sqrt{I}} \right)^{0,5}$$

ahol:

$t_1$ : A terepen való lefolyás ideje, percben

$n$ : Manning-féle érdességi tényező

$L$ : A terepen mért lefolyási úthossz, m-ben

$I$ : A terepen lefolyó víz útjának lejtése, szakaszonként átlagolva, m/m-ben

A képlet legfeljebb 400 m lefolyási úthosszig alkalmazható. 400 m hosszabb lefolyási útvonal esetében mederbeni lefolyás hidraulikai módszerével történő vizsgálat szükséges. (VMS, 1978)

A Manning-féle érdességi tényezők jellemző értékeit az 5. táblázat tartalmazza.

Lefolyási pálya	Érdességi tényező
Szántó, szőlő	0,4-0,5
Erdő, rét, legelő	0,3-0,4
Gyepes park	0,2-0,3
Kőburkolat	0,15-0,25
Beton, aszfalt-burkolat	0,1-0,15

5. táblázat: A Manning-féle érdességi tényező jellemző értékei  
(Forrás: VMS, 1978)

Következő lépésként a vízfolyásban való lefolyás idejének meghatározását kell elvégezni a lentebbi képlet segítségével:

$$t_2 = \frac{1}{60} * \sum_{j=1}^N \frac{L_j}{v_{kj}}$$

ahol:

$t_2$ : A lefolyási idő a vízfolyás medrében, percben

$L_j$ : A j-edik változatlan méretű és lejtésű mederszakasz hossza

$v_{kj}$ : A j-edik változatlan méretű és lejtésű mederszakaszon előálló nagyvízi középsebesség a mértékadó vízhozam esetén

$N$ : A mederszakaszok száma

Az összegyülekezési idő az alábbi képlettel határozható meg:

$$t = \frac{L^2}{\sqrt{A * I}}$$

ahol:

$t$ : Az összegyülekezési idő, percben

$L$ : A leghosszabb lefolyási útvonal hossza, km-ben

$A$ : A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

$I$ : A leghosszabb lefolyási útvonal átlagos lejtése, m/m-ben

A képlet 1-500 km<sup>2</sup> közötti vízgyűjtőterület kiterjedésre alkalmas (VMS, 1978)

Az időben állandó mértékadó csapadékintenzitás az alábbi képlettel határozható meg:

$$i_p = a \cdot t^{-m}$$

ahol:

$i_p$ : A  $p$  visszatérési idejű vagy előfordulási valószínűségű csapadék intenzitása, mm/h-ban

$a$ : A 10 perces időtartamú  $p$  visszatérési idejű vagy előfordulási valószínűségű zápor intenzitása, mm/h-ban

$t$ : Az összegyülekezési idő, 10 perces egységben kifejezve

$m$ : Értékét a valószínűségi jellemző határozza meg a 6. táblázat szerint

Visszatérési idő <b>p</b> [év]	10 perces intenzitás <b>a</b> [mm/h]	Hatványkitevő <b>m</b>
1	47,8	0,69
2	73,0	0,71
4	97,0	0,72
10	131	0,72
20	158	0,73
33	180	0,74
50	202	0,74
100	238	0,75

6. táblázat: Az  $m$  hatványkitevő jellemző értékei

(Forrás: VMS, 1978)

Az időben változó csapadékintenzitás figyelembevételével a keletkező árhullámképet, illetve az árhullám tetőző vízhozamát is meg lehet határozni az 1978-as segédlet M.5., M.6. és M.7. ábrája segítségével. Az időben változó csapadék maximális intenzitása a segédlet szerint az összegyülekezési idő 0,35-öd részében következik be. Azonos összegyülekezési idő és vízgyűjtőterület kiterjedés esetén a változó intenzitású csapadékmennyiség megegyezhet az állandó intenzitású csapadék mennyiséggel. Az 1978-as segédlet M.8. ábrája segítségével a különböző visszatérési idejű záporcsapadék mennyisége határozható meg. Ugyanezen segédlet M.9. ábrája a csapadékmagasság területi átlagának meghatározására alkalmas. (VMS, 1978)

A 3-24 órás csapadékmennyiségek kiszámítása az összegyülekezési idő ( $t$ ) meghatározásával történik, melynek képlete ugyanaz, mint a fentebb leírt és szintén legfeljebb 500 km<sup>2</sup>



vízgyűjtőterület kiterjedésig alkalmazható. Ebben az esetben  $t_1$  és  $t_2$  lefolyási időkkel nem kell számolni. (VMS, 1979)

Közepes kiterjedésű – 500 és 2000 km<sup>2</sup> közötti vízgyűjtőterületeken az alábbi, közelítő eredményt adó képletet kell alkalmazni az összegyülekezési idő meghatározásához:

$$t = \frac{L^2}{\sqrt{A * I}} * \left(1,04 - \frac{A}{5840}\right)$$

A mértékadó csapadékmagasság az alábbi képlettel számítható:

$$h_p = a * t^n$$

ahol:

$h_p$ : A  $p$  visszatérési idejű vagy előfordulási valószínűségű csapadékmagasság, mm-ben

$a$ : Az 1 órás időtartamú  $p$  visszatérési idejű vagy előfordulási valószínűségű csapadék magassága, mm-ben

$t$ : A csapadék időtartama, ami azonos az összegyülekezési idővel, órában

$n$ : Értékét a valószínűségi jellemző határozza meg a 7. táblázat szerint

Visszatérési idő <b>p</b> [év]	1 órás csapadékmagasság <b>a</b> [mm/h]	Hatványkitevő <b>n</b>
100	60,5	0,24
50	50,5	0,24
33	47,0	0,24
20	42,0	0,24
10	34,5	0,23
4	26,5	0,22
2	21,0	0,21
1	16,0	0,20

7. táblázat: Az  $n$  hatványkitevő jellemző értékei

(Forrás: VMS, 1979)

A mértékadó csapadékintenzitás a következő képlettel számítható:

$$i_p = a * t^{-m}$$

ahol:

$i_p$ : A  $p$  visszatérési idejű vagy előfordulási valószínűségű csapadék intenzitása, mm/h-ban vagy l/(s\*ha-ban)

$a$ : A 10 perces időtartamú  $p$  visszatérési idejű vagy előfordulási valószínűségű zápor intenzitása, mm/h-ban vagy l/(s\*ha)-ban

$m$ : Értékét a valószínűségi jellemző határozza meg a 8. táblázat szerint

Visszatérési idő $p$ [év]	1 órás intenzitás $a$		Hatványkitevő $n$
	mm/h	l/(s*ha)	
100	60,5	168	0,76
50	50,5	143	0,76
33	47,0	130	0,76
20	42,0	116	0,76
10	34,5	96	0,77
4	26,5	74	0,78
2	21,0	58	0,79
1	16,0	44	0,80

8. táblázat: Az  $n$  hatványkitevő jellemző értékei

(Forrás: VMS, 1979)

### 2.2.11. Empirikus árvízszámítási eljárások külföldön

A világon számos egyéb empirikus árvízszámítási eljárás létezik. E fejezetben leírt módszerek csak említés szintjén, kitekintésként kerülnek részletezésre.

#### *2.2.11.1. A Dicken-formula*

A formula a következő képletet jelenti:

$$Q_p = C_D * A^{3/4}$$

ahol:

$Q_p$ : A maximális vízhozam, m<sup>3</sup>/s-ban

$A$ : Vízyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

$C_D$ : Konstans, aminek értékei helytől függően változnak

A formulát legfőképpen észak és közép India területeire dolgozták ki, de a  $C_D$  állandó megfelelő kiválasztásával az ország egyéb területein is alkalmazható. A  $C_D$  konstans értékei Odisha és Andhra Pradesh tengerpartjainál 22-28, közép India területein 14-28, észak India hegy-és dombvidékein 11-14, észak India sík területein pedig 6. (*ebrary.net*)(*coursehero.com*)

#### 2.2.11.2. A Ryves-formula

A számítás a következő képlettel történik:

$$Q_p = C_R * A^{2/3}$$

ahol:

$Q_p$ : A maximális vízhozam,  $m^3/s$ -ban

A: Vízyűjtőterület kiterjedése,  $km^2$ -ben megadva

$C_R$ : Konstans

A formulát India Tamil Nadu régiójára dolgozták ki. A  $C_R$  konstans 6,8 értéket vesz fel a keleti tengerpartoktól 80 km-en belül, 8,5-öt a keleti tengerpartoktól 80-160 km távolságban és 10,2 értéket vesz fel hegy- és dombvidéki területeken. (*ebrary.net*)(*coursehero.com*)

#### 2.2.11.3. Az Inglis-formula

A formula képlete a következő:

$$Q_p = \frac{124 * A}{\sqrt{A + 10,4}}$$

ahol:

$Q_p$ : A maximális vízhozam,  $m^3/s$ -ban

A: Vízyűjtőterület kiterjedése,  $km^2$ -ben megadva

A formulát a Nyugati-Ghátok vízyűjtőterületeire fejlesztették ki, amit napjainkban a Maharashtra állam egész területén alkalmaznak, a számlálóban lévő szorzó módosításával. (*ebrary.net*)(*coursehero.com*)

#### 2.2.11.4. A Fuller-formula

A formula képlete a következő:

$$Q_{Tp} = C_f * A^{0,8} * (1 + 0,8 * \lg T)$$

ahol:

$Q_{Tp}$ : A maximális napi vízhozam  $T$  év visszatérési idő esetén,  $m^3/s$ -ban

$A$ : Vízyűjtőterület kiterjedése,  $km^2$ -ben megadva

$C_f$ : Konstans

A pillanatnyi vízhozam a következő képlettel határozható meg:

$$Q_p = Q_{Tp} * (1 + 2,66 A^{-0,3})$$

ahol:

$Q_p$ : Pillanatnyi vízhozam,  $m^3/s$ -ban

Az eljárást az amerikai vízgyűjtőterületekre dolgozták ki. A  $C_f$  állandó értéke 0,18 és 1,88 között vehető fel. ([ebrary.net](http://ebrary.net))([coursehero.com](http://coursehero.com))

A módszer USA-n kívüli alkalmazhatóságáról már készült tanulmány. Salajegheh és Dastorani (2006) a Dast-e Kavíron, az Iráni-fennsík sósivatagán végezett tanulmányt arra vonatkozóan, hogy a fentebbi formula miképpen módosul. A  $C_f$  konstans 0,035 és 0,45 között, a logaritmus előtti szorzót pedig 0,62 és 2,99 között vizsgálták a helyi viszonyoktól függően.

A pillanatnyi vízhozam a Dast-e Kavírra kalibrálva a következőre módosult:

$$Q_p = Q_{Tp} * (1 + 11,63 A^{-0,31278})$$

#### 2.2.11.5. A racionális módszer külföldön

A racionális módszert külföldön is ismerik és alkalmazása hasonlóképpen történik, mint a 2.2.3. fejezetben leírtakban. A vízhozam képlete a következőképpen írható fel ([cecalc.com](http://cecalc.com)):

$$Q = \frac{C * I * A}{K_u}$$

ahol:

$Q_{p\%}$ : Vízhozam

$\alpha$ : A lefolyási tényező

$i_{p\%}$ : A p% valószínűségű csapadékintenzitás

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése

$K_u$ : Váltószám az SI és az angolszász mértékegységek között. Értéke SI esetében 360, angolszász mértékegységek esetében 1

A lefolyási tényező értékére a források eltérő értékeket javasolnak. A 9. táblázatban a hivatkozott forrás szerinti javaslatok láthatóak (*cecalc.com*).

Table 3-1. Runoff Coefficients for Rational Formula. <sup>(14)</sup>	
Type of Drainage Area	Runoff Coefficient, C*
<b>Business:</b>	
Downtown areas	0.70 - 0.95
Neighborhood areas	0.50 - 0.70
<b>Residential:</b>	
Single-family areas	0.30 - 0.50
Multi-units, detached	0.40 - 0.60
Multi-units, attached	0.60 - 0.75
Suburban	0.25 - 0.40
Apartment dwelling areas	0.50 - 0.70
<b>Industrial:</b>	
Light areas	0.50 - 0.80
Heavy areas	0.60 - 0.90
Parks, cemeteries	0.10 - 0.25
Playgrounds	0.20 - 0.40
Railroad yard areas	0.20 - 0.40
Unimproved areas	0.10 - 0.30
<b>Lawns:</b>	
Sandy soil, flat, 2%	0.05 - 0.10
Sandy soil, average, 2 - 7%	0.10 - 0.15
Sandy soil, steep, 7%	0.15 - 0.20
Heavy soil, flat, 2%	0.13 - 0.17
Heavy soil, average, 2 - 7%	0.18 - 0.22
Heavy soil, steep, 7%	0.25 - 0.35
<b>Streets:</b>	
Asphaltic	0.70 - 0.95
Concrete	0.80 - 0.95
Brick	0.70 - 0.85
Drives and walks	0.75 - 0.85
Roofs	0.75 - 0.95
*Higher values are usually appropriate for steeply sloped areas and longer return periods because infiltration and other losses have a proportionally smaller effect on runoff in these cases.	

9. táblázat: A lefolyási tényező jellemző értékei külföldön

(Forrás: *cecalc.com*)

### 2.2.11.6. Az SCS módszer

Az SCS-módszer a – legfőképpen városi – kisvízgyűjtők lefolyási folyamatainak számítására, modellezésére valamint a kisvízgyűjtők csúcsvízhozamainak megállapítására alkalmas. Legismertebb számítógépes modellezőalkalmazása a WinTR55 szoftver. A módszer a lehulló csapadékból indul ki, amely adott időn belül lefolyik a vízválasztón belüli területekre. Az összegyűlt csapadékot az eljárás egy úgynevezett lefolyási görbe számmal (runoff curve number = CN) jellemzi, amelyre hatással van a talaj, a növényzet, a talaj tározási kapacitása (pl. szivárgás), a vízhatlan területek kiterjedése stb.. Ez a CN szám adja az alapját a lefolyási vízhozam meghatározásának az alábbi egyenletek segítségével (USDA, 1986)(Chow, 1964):

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

$$I_a = 0,2 * S$$

$$Q = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{(P + 0,8 * S)}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$CN = \frac{1000}{10 + S}$$

ahol:

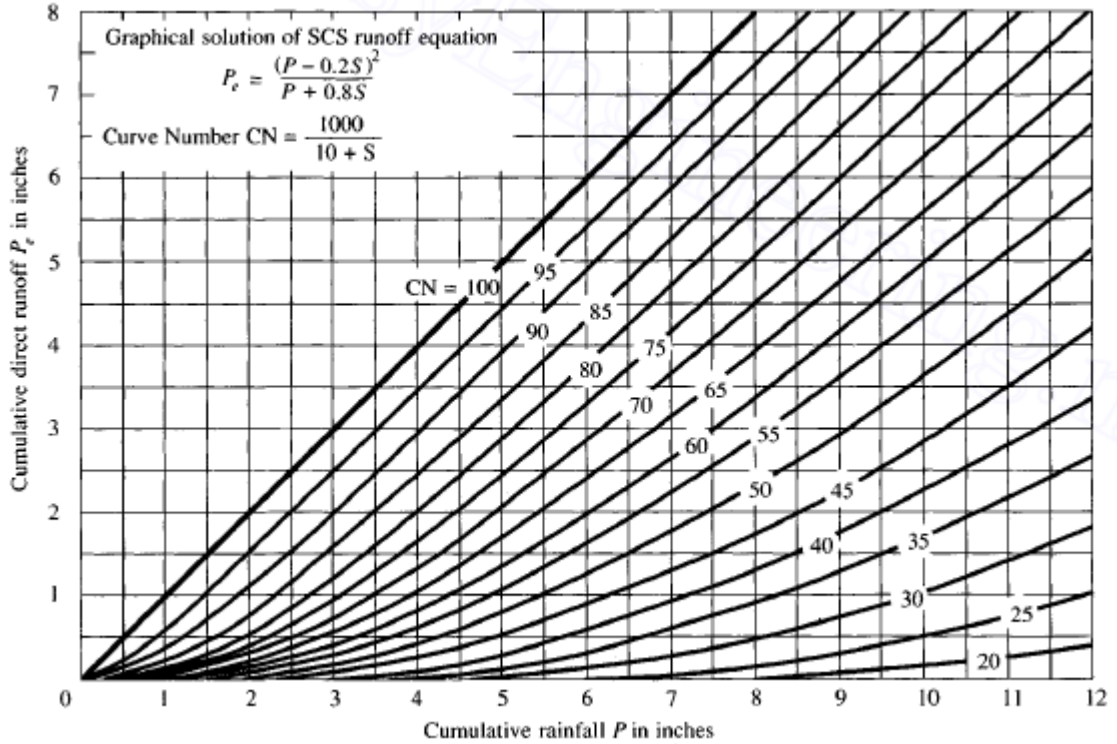
Q: Lefolyási vízhozam

P: Lehullott csapadék

S: A legnagyobb vízvisszatartás, miután a lefolyási folyamat elkezdődik

I<sub>a</sub>: Kezdeti absztrakció, amely átalakításra került.

A lefolyási görbék a 9. ábrán láthatóak, ami a lehullott csapadék és a lefolyás viszonyának alapján egy görbesereget tartalmaz, és az adott görbe száma egyezik meg a CN-el. A 10. táblázatban látható, hogy melyik görbe milyen lefolyási értéket vesz fel a lehullott csapadék függvényében. (USDA, 1986)(Chow, 1964)



9. ábra: A lefolyási görbék az SCS módszerben

(Forrás: Chow, 1964)

Rainfall	Runoff depth for curve number of—												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	98
	inches												
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.17	0.32	0.56	0.79
1.2	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.15	.27	.46	.74	.99
1.4	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.06	.13	.24	.39	.61	.92	1.18
1.6	.00	.00	.00	.00	.01	.05	.11	.20	.34	.52	.76	1.11	1.38
1.8	.00	.00	.00	.00	.03	.09	.17	.29	.44	.65	.93	1.29	1.58
2.0	.00	.00	.00	.02	.06	.14	.24	.38	.56	.80	1.09	1.48	1.77
2.5	.00	.00	.02	.08	.17	.30	.46	.65	.89	1.18	1.53	1.96	2.27
3.0	.00	.02	.09	.19	.33	.51	.71	.96	1.25	1.59	1.98	2.45	2.77
3.5	.02	.08	.20	.35	.53	.75	1.01	1.30	1.64	2.02	2.45	2.94	3.27
4.0	.06	.18	.33	.53	.76	1.03	1.33	1.67	2.04	2.46	2.92	3.43	3.77
4.5	.14	.30	.50	.74	1.02	1.33	1.67	2.05	2.46	2.91	3.40	3.92	4.26
5.0	.24	.44	.69	.98	1.30	1.65	2.04	2.45	2.89	3.37	3.88	4.42	4.76
6.0	.50	.80	1.14	1.52	1.92	2.35	2.81	3.28	3.78	4.30	4.85	5.41	5.76
7.0	.84	1.24	1.68	2.12	2.60	3.10	3.62	4.15	4.69	5.25	5.82	6.41	6.76
8.0	1.25	1.74	2.25	2.78	3.33	3.89	4.46	5.04	5.63	6.21	6.81	7.40	7.76
9.0	1.71	2.29	2.88	3.49	4.10	4.72	5.33	5.95	6.57	7.18	7.79	8.40	8.76
10.0	2.23	2.89	3.56	4.23	4.90	5.56	6.22	6.88	7.52	8.16	8.78	9.40	9.76
11.0	2.78	3.52	4.26	5.00	5.72	6.43	7.13	7.81	8.48	9.13	9.77	10.39	10.76
12.0	3.38	4.19	5.00	5.79	6.56	7.32	8.05	8.76	9.45	10.11	10.76	11.39	11.76
13.0	4.00	4.89	5.76	6.61	7.42	8.21	8.98	9.71	10.42	11.10	11.76	12.39	12.76
14.0	4.65	5.62	6.55	7.44	8.30	9.12	9.91	10.67	11.39	12.08	12.75	13.39	13.76
15.0	5.33	6.36	7.35	8.29	9.19	10.04	10.85	11.63	12.37	13.07	13.74	14.39	14.76

L/ Interpolate the values shown to obtain runoff depths for CN's or rainfall amounts not shown.

10. táblázat: A lefolyási görbék felvett értékei az SCS módszerben

(Forrás: USDA, 1986)

A fentebbi CN egyenlet csak arra az esetre felel meg, ha a lefolyási területen már elindult és folyamatban van egy párolgási folyamat. Ezt a körülményt CN(II)-ként szokás jelölni. Az alább látható egyenletekben a CN(I) a száraz, a CN(III) pedig a nedves körülményekre vonatkozik. (Chow, 1964)

$$CN(I) = \frac{4,2 * CN(II)}{10 - 0,058 * CN(II)}$$

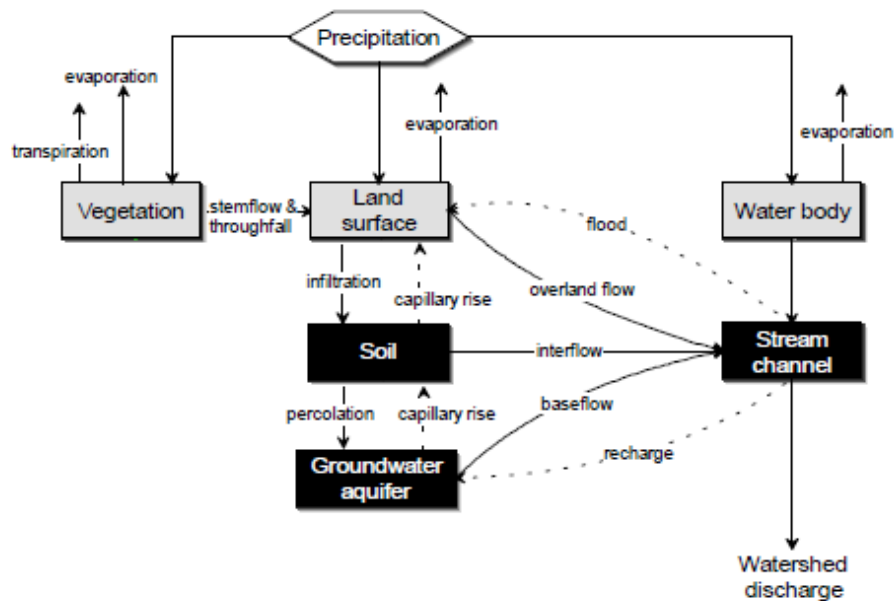
$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0,13 * CN(II)}$$

### 2.3. A HEC-HMS modell

A HEC-HMS egy numerikus modellezésre alkalmas szoftver, melyet az Amerikai Egyesült Államok Mérnökhadtestének (US Army Corps of Engineers) Hidrológiai Mérnöki Központja (Hydrologic Engineering Center = HEC) fejlesztett ki. A szoftver a lefolyási folyamatok modellezésére és előrejelzésére alkalmas, hazánkban is gyakran használják. (Négyesi, 2021)

A 10. ábra azt szemlélteti, hogy a szoftver miképpen értelmezi a lefolyási folyamatok hidrológiai hátterét. A vízgyűjtőre lehulló csapadékból indul ki, amely víztestbe, földfelszínre vagy a növényzet felületére juthat. Mindegyikben végbemegy evaporáció (párolgás), illetve növényzetnél transpiráció (növényzet általi párologtatás) is. A víztest közvetlenül jut el egy vízfolyásba, a földfelszínről pedig egyrészt a talajba és a felszín alatti vizekbe szivárog, másrészt a felszíni és felszín alatti lefolyások során jut el a vízfolyásba. A vízfolyás a modellben kilép egy adott ponton a vízgyűjtőből. (HEC, 2000)

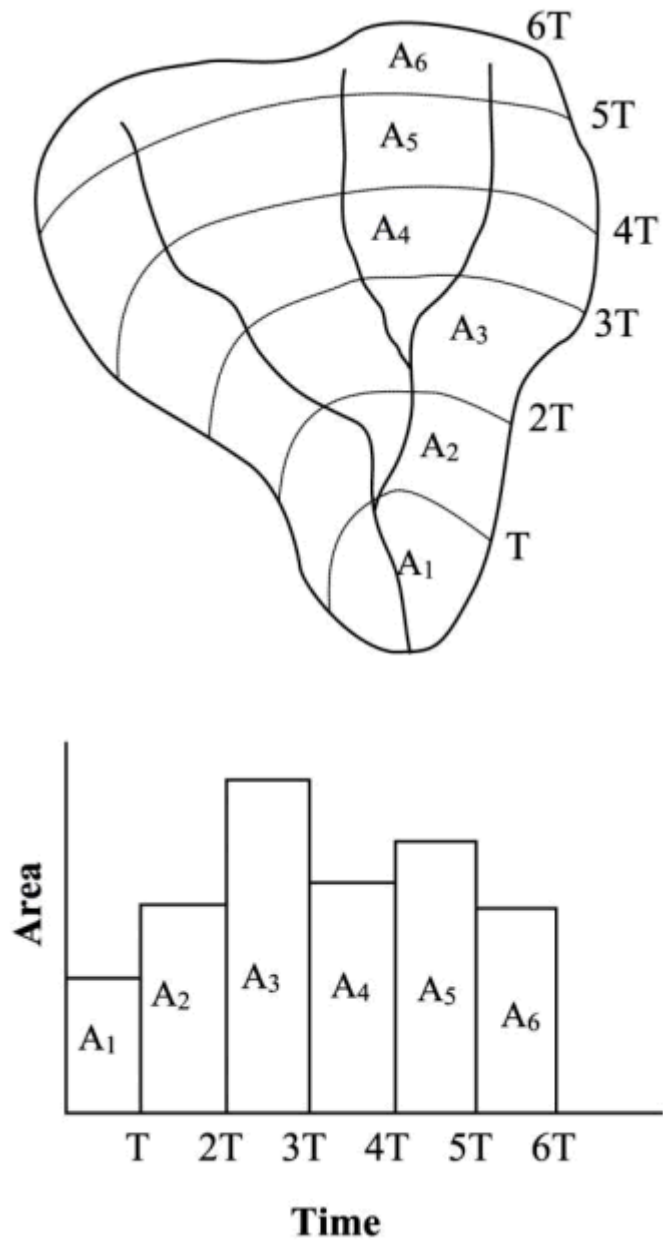




10. ábra: A lefolyási folyamatok hidrológiai értelmezése a HEC-HMS szerint  
(Forrás: HEC, 2000)

A modell egyik számítási metódusa a Clark-módszer, amely két fizikai jelenségre épít: elmozdulás és csillapítás. A modellben ez a két folyamat határozza meg legfőképpen a lefolyási folyamatok átalakulását. Az elmozdulás a víztest mozgását jelenti a felszíni és felszín alatti lefolyások során, ami alatt csakis kizárólag a gravitációs erő hatása érvényesül. A csillapítás a lefolyási folyamatokat hátráltató különböző ellenállásokat és veszteségeket takarja, mint például a talaj, érdesség, tározódás, stb.. (Clark, 1945)

Clark (1945) megfigyelte, hogy a vízgyűjtőterületen történő összegyülekezési idő megállapítható egy idő-terület összefüggéssel. Ebben az elgondolásban az összegyülekezési időt egyenlő intervallumokra osztjuk fel és a vízgyűjtőterület felosztása az alapján történik, hogy az adott víztest a lefolyási folyamat során a részidők alatt meddig jut el. Ezt a 11-12. ábra szemlélteti. Ezen az összefüggésen alapul a HEC-HMS szoftver is. (HEC, 2000)



11-12. ábra: A terület és az idő kapcsolata

(Forrás: Clark, 1945)

A módszer a következő összefüggéssel számol mozgási jelenségek esetén (Clark, 1945):

$$\frac{A_{c,t}}{A_T} = \begin{cases} 1,414 * \left(\frac{t}{t_c}\right)^{1,5} & \text{ha } t \leq \frac{t_c}{2} \\ 1 - 1,414 * \left(1 - \frac{t}{t_c}\right)^{1,5} & \text{ha } t > \frac{t_c}{2} \end{cases}$$

ahol:

$A_{c,t}$ : A részvízgyűjtőterületek összege adott  $t$  időben.

$A_T$ : A teljes vízgyűjtőterület

$t_c$ : Összegyülekezési idő

Csillapítás esetén a tározódási effektus számításához a tömegegyensúly egyenletének alkalmazása történik, útvonal alapú modellek esetén (Clark, 1945).

$$\frac{dS}{dt} = I_t - Q_t$$

ahol:

$dS/dt$ : A tározódott víz mennyiségének és az eltelő idő aránya

$I_t$ : Bemelő vízmennyiség az idő-terület kapcsolatból,  $t$  idő után

$Q_t$ : Kimenő vízmennyiség,  $t$  idő után

Lineáris tározómodell esetén a következő képlet alkalmazása történik (Clark, 1945):

$$S_t = R * Q_t$$

ahol:

$R$ : A tározódás mértékét reprezentáló állandó, amit általában megegyezik a  $t_L$  késleltetési idővel

Az utóbbi két egyenlet kombinálása és megoldása által a következő közelítést kapjuk (Clark, 1945):

$$Q_t = C_1 * I_t + C_2 * Q_{t-1}$$

Ahol a  $C_1$  és  $C_2$  együtthatók a következőképpen számíthatóak (Clark, 1945):

$$C_1 = \frac{\Delta t}{R + 0,5 * \Delta t}$$

$$C_2 = 1 - C_1$$

Az átlagos kimenő vízmennyiség (lefolyás) pedig (Clark, 1945):

$$Q_t = \frac{Q_{t-1} + Q_t}{2}$$

Göröngyös felszíneken összegyűlt többletsapadékok számításánál a Clark-módszerből származtatott Muskingum-módszer kerül előtérbe, amely a következő differenciálegyenletből indul ki (Négyesi, 2021):

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - Q(t)$$

ahol:

$dS(t)/dt$ : A tározódott víz mennyiségének időbeni változása

$I(t)$ : Bemenő vízmennyiség az idő-terület kapcsolatból,  $t$  idő után

$Q(t)$ : Kimenő vízmennyiség,  $t$  idő után

$t$ : Eltelt idő

A metódus az eltározódott vízmennyiséget a be- és kimenő vízmennyiség súlyozott középértékével határozza meg a következő módon (Négyesi, 2021):

$$S(t) = K[xI(t) + (1 - x) * Q(t)]$$

ahol:

$K$ : Tározódási tényező: értéke  $0 \leq x \leq 1$

A fentebbi egyenletek a HEC-HMS modell lehetséges instabilitásához vezethetnek. Ha az idő változását véges elemekkel helyettesítjük, továbbá az  $I(t)$  és a  $Q(t)$  számtani közepét vesszük adott  $\Delta t$  időközönként, akkor a Muskingum-egyenlet a következőképpen írható fel (Négyesi, 2021):

$$Q_t = c_0 * I_t + c_1 * I_{t-\Delta t} + c_2 * Q_{t-\Delta t}$$

ahol:

$$c_0 = -\frac{K_x - 0,5 * \Delta t}{K - K_x + 0,5 * \Delta t}$$

$$c_1 = \frac{K_x + 0,5 * \Delta t}{K - K_x + 0,5 * \Delta t}$$

$$c_2 = \frac{K - K_x - 0,5 * \Delta t}{K - K_x + 0,5 * \Delta t}$$

Mivel a csapadékok konstans értékekkel jellemezzük minden egyes  $\Delta t$  idő eltétele után, ezért ez pulzáló lefolyást és tározódást reprezentál. Ha az  $I_t = I_{t-\Delta t}$  és  $x = 0$  kikötéseket adjuk meg, az egy lineáris lefolyást mutat, amelyben a kimenő vízmennyiség arányos a tározódott vízmennyiséggel. Ennek alapján a fentebbi egyenlet a következőképpen módosul (Négyesi, 2021):

$$Q_t = \left(1 - \frac{\Delta t}{K + 0,5 * \Delta t}\right) * Q_{t-\Delta t} + \left(\frac{\Delta t}{K + 0,5 * \Delta t}\right) * I_t = (1 - c_A) * Q_{t-\Delta t} + c_A * I_t$$

A negatív lefolyások elkerülése érdekében a  $c_A \leq 1$  feltételnek fenn kell állnia. A HEC-HMS modell numerikus stabilitásához a  $\frac{\Delta t}{K} \leq 2$  feltételnek kell teljesülnie. (Négyesi, 2021)

### 3. AZ EMPIRIKUS MÓDSZEREK ELEMZÉSE

Ebben a főfejezetben a 2.2.1-2.2.9. fejezetekben leírt módszerek kerülnek elemzésre.

#### 3.1. Összehasonlítás szakirodalom alapján

Az alábbi, 11. táblázatban a fentebb részletezett empirikus árvízszámítási módszerek összefoglalása látható a hivatkozott források alapján. Az összehasonlításba belefoglaltam azt a vízgyűjtőterület-intervallumot, amelyen belül a módszerek alkalmazhatóak, az árvízhozam számítási képletét minden egyes módszerre, továbbá leírtam azon eljárások hibahatárát, amelyeknél találtam erről információt.

Mint látható, minden módszer más és más vízgyűjtőterület kiterjedésen alkalmazható. Amelyeknél konkrét számértékek szerepelnek, ott nem is lehet az intervallumon kívüli vízgyűjtőterület nagyságon jó eredményt számítani. A Kovács-Takács módszer segédlete – elhelyezve a 3. mellékletben – bár 1-10000 km<sup>2</sup> közötti vízgyűjtőterület kiterjedésig is alkalmazható, nagyon bizonytalan eredmények születnek 5 km<sup>2</sup> alatt és 3000 km<sup>2</sup> felett. A racionális módszer, bár alkalmazható a felső határ felett is, az eredmények bizonytalansága az azoktól való eltérés növekedésével egyre fokozottabbá válhat, azonban a mérnöki gyakorlatban ennek ellenére is egy széles körben alkalmazott módszer. A Markó-módszernél az 5. ábrán elhelyezett grafikonon a C alaki tényezőket egyenesek szemléltetik, amiket könnyen és megbízhatóbban lehet extrapolálni 50 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtőterület fölé, ugyanakkor a fajlagos vízhozam nem lehet negatív, tehát az extrapolálás sem végezhető a végtelenségig. A becslő módszer grafikonján – 7. ábrán elhelyezve – 1600 km<sup>2</sup> felett akár lehet állandónak venni a középvízhozamot. Hasonlóan

az Eszéky-Virág módszernél, ha a kapcsolati összefüggést használjuk 2100 km<sup>2</sup> feletti vízgyűjtőterületre, a fajlagos árvízhozam nem fog eltérni a 2100 km<sup>2</sup>-nél kapottól, bár a trendek a végtelenségig közelítenek a 0 l/(s \* km<sup>2</sup>)-hez.

A táblázatból látható az is, hogy a vízhozam meghatározása is különböző módokon történik. Fontos kihangsúlyozni, hogy a különböző módszerekkel számított árvízvízhozamok teljesen eltérőek egymástól, a különböző módszerekkel kapott eredményeket pedig szigorúan tilos átlagolni ugyanabban a tervezési projektben. A megfelelő módszer megválasztásának alapját – az érintett vízgyűjtőterület kiterjedése és a rendelkezésre álló kiindulási adatok mellett – tervezői megfontolás és mérlegelés is adja.

Ahogy fentebb leírásra került, a részletezett módszerek közül a Ven Te Chow-Wisnovszky módszer az egyetlen, amelyikkel közvetlenül lehet árhullámképet is meghatározni. A 2. melléklet 2. táblázata alapján pedig megállapítható az is, hogy a fentebb leírt módszerek közül a racionális módszer az egyetlen, amelyik síkvidéken és időszakos vízfolyás esetén is alkalmazható.

Módszer megnevezése	Vízgyűjtőterület-intervallum [km <sup>2</sup> ]	Vízhozam képlet	Hibahatár
Csermák-módszer	0-3000	$Q_{p\%} = r * B_{3\%} * \sqrt{A}$ *25 km <sup>2</sup> alatt korrekciók	A < 50 km <sup>2</sup> ; ± 40% A > 50 km <sup>2</sup> ; ± 20%
Kollár-módszer	1-500	$Q_{10\%} = q_{10\%} * A$ $Q_{p\%} = a_{p\%} * Q_{10\%}$	A < 50 km <sup>2</sup> ; ± 50% A > 50 km <sup>2</sup> ; ± 25%
Racionális módszer	Elsősorban 30 km <sup>2</sup> alatt	$Q_{p\%} = \alpha * i_{p\%} * A$	N. i.
Kovács-Takács módszer	(1) 5-3000 (10000)	$Q_{p\%} = Q_0 (1 + \phi_p * C_v)$	A < 50 km <sup>2</sup> ; ± 40% A > 50 km <sup>2</sup> ; ± 20%
Markó-módszer	Elsősorban 1-50	$Q_{3\%} = q * A * \frac{A}{A + E}$ $q = \frac{C}{\sqrt[3]{A}}$	N. i.
Eszéky-Virág módszer	Elsősorban 0-2100	$Q_{p\%} = A * q_{p\%} * C_{p\%}$	N. i.
Ven Te Chow-Wisnovszky-módszer	0-50	$Q = X * Y * Z * A$	± 40%
Becsülő módszer a nagy- és középvízhozam aránya alapján	Elsősorban 0-1600	Grafikon és segédletek alapján	N. i.
OVF árvízszámítási segédlete	10-6000	$Q_{p\%} = a_i * q_{5\%} * A$	50% valószínűség felet csak elvi lehetőség

11. táblázat: Az empirikus árvízszámítási módszerek összehasonlítása

(): Alsó és felső határ, ameddig még alkalmazható a módszer, de nagyon bizonytalan az eredmény

N. i.: A hivatkozott forrásokban nincs erről információ

### **3.2. Megváltozott hidrológiai viszonyok figyelembevétele**

Szakdolgozatom elkészítéséhez konkrét méréseket nem végeztem. Ugyanakkor a klíma-viszonyok megváltozásából eredően a hidrológiai, meteorológiai tényezők módosításának idő-szerűségére fel szeretném hívni a figyelmet.

Az egyik legfőbb probléma az általunk ismert árvízszámítási módszereinkkel, hogy a kidolgozásukhoz felhasznált adatsorok több dekáddal korábbi csapadék adatsorokon alapulnak, kivéve az OVF árvízszámítási segédletét, melyet napjainkig is frissítenek. Értelemszerűen az akkori adatsorok a mai hidrológiai viszonyokat már nem mindig reprezentálják valósan, ugyanis napjainkra rengeteg változás ment végbe a hidrológiai ciklusban; sokkal szélsőségesebbé, nehezebben kiszámíthatóvá vált. Az aszályos időszakok egyre gyakoribbak és hosszabbak, ugyanakkor a csapadékhullás is egyre ritkul, de abban a kevesebb esetben is sokkal nagyobb mennyiség hullhat le.

A lefolyási viszonyokra nem csak a lehullott csapadék mennyisége, hanem a lefolyás felszíne is befolyással van. Napjainkra a területhasználatok is jelentősen megváltoztak, mint például közutak, autópályák épültek, újabb területeket vontak mezőgazdasági művelés alá vagy sajátítottak ki mezőgazdasági területeket, csökkent az erdők területe, műtárgyakat alakítottak ki, az urbanizációs folyamatok révén bővültek a városok is, és még számtalan egyéb példát lehetne felsorolni. Mindezek nagyban megváltoztatták a lefolyási viszonyokat. Ami összegyülekezési időt például kiszámítottak az 1900-as évek második felében, ma már nem biztos, hogy ugyanazt az összegyülekezési időt kapnánk meg ugyanarra a vízgyűjtőterületre, ugyanis a lefolyási felszín megváltozása ezt képes nagyban befolyásolni. Az újabban létesített műtárgyak, vonalas létesítmények képesek akár a lefolyás irányát is megváltoztatni az akkorihoz képest (akadályt képeznek a lefolyás számára, így a víz kénytelen a gravitáció révén úgymond „irányt változtatni”).

Az empirikus árvízszámítási módszereink újradolgozására az egyik megfogalmazható javaslat a legfrissebb adatsorok felhasználása. Napjainkban a fejlettebb mérés technikának, a mérések rendszeresítésének és a mért adatok tárolásának, visszakereshetőségének köszönhetően nagyobb mennyiségű adatok szerezhetőek, melyek az azokat birtoklótól megvásárolhatóak vagy kikérhetőek. Ezen frissebb adatsorok alapján újra lehetne dolgozni a segédletekként rendelkezésre álló grafikonokat, monogramokat, izovonalas térképeket, stb.. Olyan helyeknél, ahol nincs mért csapadékadat és muszály jellemezni a csapadék- vagy lefolyási viszonyokat egy

adott tervezési feladat keretében, ott szóba jöhet rendszeresített mérések megszervezése, azonban különböző interpolációs és extrapolációs megoldások is működhetnek.

Az empirikus árvízszámítási módszerek újradolgozásához a megváltozott területhasználatokból eredő megváltozott lefolyási viszonyok figyelembevétele is javasolható. A jelenlegi területhasználati viszonyokról a legfrissebb CORINE adatbázisokból lehet információt szerezni, melyekkel akár térinformatikai műveleteket is végre lehet hajtani. Ez alapján felül lehet vizsgálni a lefolyási tényezőhöz kapcsolódó segédleteket és a mai területhasználatoknak megfelelően újra lehetne dolgozni őket.

#### **4. AZ AUTOMATIZÁLÁS MENETE**

Az automatizálásra a következő módszereket választottam ki:

- Ven Te Chow-Wisnovszky módszer
- Racionális módszer
- OVF árvízszámítási segédlet

A Ven Te Chow-Wisnovszky módszer kiválasztására az az indokom, hogy ez az egyetlen régebbi eljárás, amelyik napjaink hidrológiai viszonyaira is nagyon helytálló. Számos modellezőszoftver algoritmusába be van építve ez az eljárás. A mértékadó árhullámcsúcs kiszámítása mellett a teljes árhullámképet is meg lehet határozni vele. Az eljárás időigényes és sok manuális munkát igényel, olyan alkalmazás egyelőre nem létezik, mely kiváltaná ezt a fáradságos eljárást. Amellett, hogy a ez a módszer ma is megállja a helyét a hazai viszonyokra, a lefolyási tényezők, az X-t görbék és az Y tényező alapját adó csapadékviszonyok pontosítása tovább javíthatna az eredményeken. Ez a pontosítási munka túlmutatott lehetőségeimen, így a magyar gyakorlatban széleskörben elterjedt és elismert módszer automatizálását tűztem ki elsődleges feladatombként.

A racionális módszer kiválasztására az adta az indokot, hogy ez a leggyakrabban és legszélesebb körben alkalmazott eljárás, ugyanis ez az egyetlen módszer, amelyik alkalmazható síkvidéken is. Sőt, az állandó és időszakos vízfolyások mindegyikére korlátozás nélkül alkalmazható. Annak ellenére, hogy elsősorban kisvízgyűjtőkön – 30 km<sup>2</sup> alatt – szokás alkalmazni ezt az eljárást, a mérnöki gyakorlatban gyakran előfordul nagyobb vízgyűjtőterületeken történő alkalmazása is. A módszerben a csapadék maximum függvény felhasználásával közelítjük a keresett csúcsvízhozamot. A mai időjárási viszonyokhoz való legtökéletesebb egyezés miatt az



OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) honlapján közzétett (*met.hu*, 2022.) legfrissebb csapadékmaximum függvényeket építettem be automatizált eljárásomba. Az OMSZ az országban található 101 automata csapadékmérő állomásának friss, 1998-2021 közötti adataiból számított, mértékadó csapadékintenzitás adatait közreadta, ezeket vettem alapul fejlesztésemhez. A lefolyási tényező meghatározásakor a szakirodalomban fellelhető értékeket vittem be, így a mai lefolyási viszonyokhoz mindenben legjobban illeszkedő paramétereket szerepeltettem munkámban.

Az OVF árvízszámítási segédletére azért esett a választásom, mert ez a legfrissebb eljárás (*Koris, 2021*), emiatt a legjobban igazodik hazánk mai hidrológiai viszonyaihoz. Felhasználhatóságának korlátja, hogy csak állandó hozamú vízfolyásokra alkalmazható, 10-6000 km<sup>2</sup> közötti vízgyűjtőterület esetén.

Ezen három legjobbnak vélt módszerrel a lehető legszélesebb spektrum fedhető le. Szakdolgozatom feladatát nem képezi, de említésre méltó lehetőség volna még az Eszéky-Virág-módszer automatizálása is, hiszen a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság működési területére ez az egyik leghatékonyabb eljárás.

Az automatizálás Excel-fájl készítése formájában történt. A módszertanok előírásait követve, numerikus módszerekkel lehetővé tettem a manuális munka teljes kiváltását és az adatok automatikus kiszámítását. Lehetőségekhez mérten mindig a legfrissebb kiindulási adatok felhasználásával igyekeztem megoldani a feladatot. A következő fejezetekben az Excel-fájl felületét képekben szemléltetem a megoldásmenet kifejtésével. Mindhárom módszer automatizálása külön-külön munkalapban található, továbbá egy másik munkalapban a kiindulási adatok és az eredmények összefoglalását készítettem el, így egy bemeneti adatokat kérdező munkalap kitöltésével az utolsó munkalap már szolgáltatja is a szakvélemény formájában megjelenő mérnöki számításokat és az eredményeket egyaránt.

#### **4.1. Ven Te Chow-Wisnovszky-módszer**

A Ven Te Chow-Wisnovszky-módszer elkészítése során a következő képletet alkalmaztam:

$$Q = X * Y * Z * A$$

ahol:

Q: Mértékadó vízhozam, m<sup>3</sup>/s-ban

X: A lefolyási viszonyokat kifejező tényező

Y: A csapadékviszonyokat kifejező tényező

Z: Csúcsredukciós tényező

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

A módszernek létrehozott munkalap azzal kezdődik, hogy meg kell adni a kiindulási adatokat a 13. ábrán zöld cellaháttérrel mutatott helyeken. Az eredmények helyét sárga cellaháttérrel jelölöm.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Alkalmazás a Ven Te Chow-Wisnowszy-módszerhez</b>							
2								
3		:	Ezeket a mezőket manuálisan kell kitölteni					
4		:	Eredmény					
5								
6								
7								
8	<b>Bemeneti adatok:</b>							
9								
10	A vízgyűjtőterület kiterjedése:			A=		5,6 km <sup>2</sup>		
11								
12	A leghosszabb lefolyási út:			L=		3100 m		
13								
14	Átlagos esés:			I=		3 %		
15								
16	Az árhullám késleltetési ideje:			$\tau_k$ =		0,609654889 óra		
17	Visszatérési idő:					33 év		RENDEN!
18								
19	<i>Figyelem! A munkalap csak 5 és 50 év közötti visszatérési időre alkalmazható! Segédlet lentebb található.</i>							
20								
21								
22	Az érintett hely koordinátái:			EOVX=		610000		
23				EOVY=		250000		
24								
25	A csapadékviszonyokat kifejező tényező értéke:			$Y_{5 \text{ és } 10 \text{ év}} =$		1,98		
26				$Y_{25 \text{ és } 50 \text{ év}} =$		2,18		

13. ábra: A beviteli adatok megadásának felülete az Ven Te Chow-Wisnowszy-módszer munkalapjában

Mint látható, az előbbi képletből a vízgyűjtőterület már ismert kiindulási adat. Azon kívül meg kell még adni a leghosszabb lefolyási utat és az átlagos lejtést, amelyekből a  $\tau_k$  árhullám késleltetési idő automatikusan meghatározásra kerül az alábbi képlet cellahivatkozásos behelyettesítésével. Meg kell még adni a visszatérési időt (mértékadó vízhozam keresett valószínűségét), valamint a vizsgált szelvény EOV-koordinátáit, ami alapján automatikusan meghatározásra kerül az Y tényező értéke is. Ennek megoldására később térek ki. Az összegyűlekezési idő becslése:

$$\tau_k = 0,00505 * \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0,64}$$

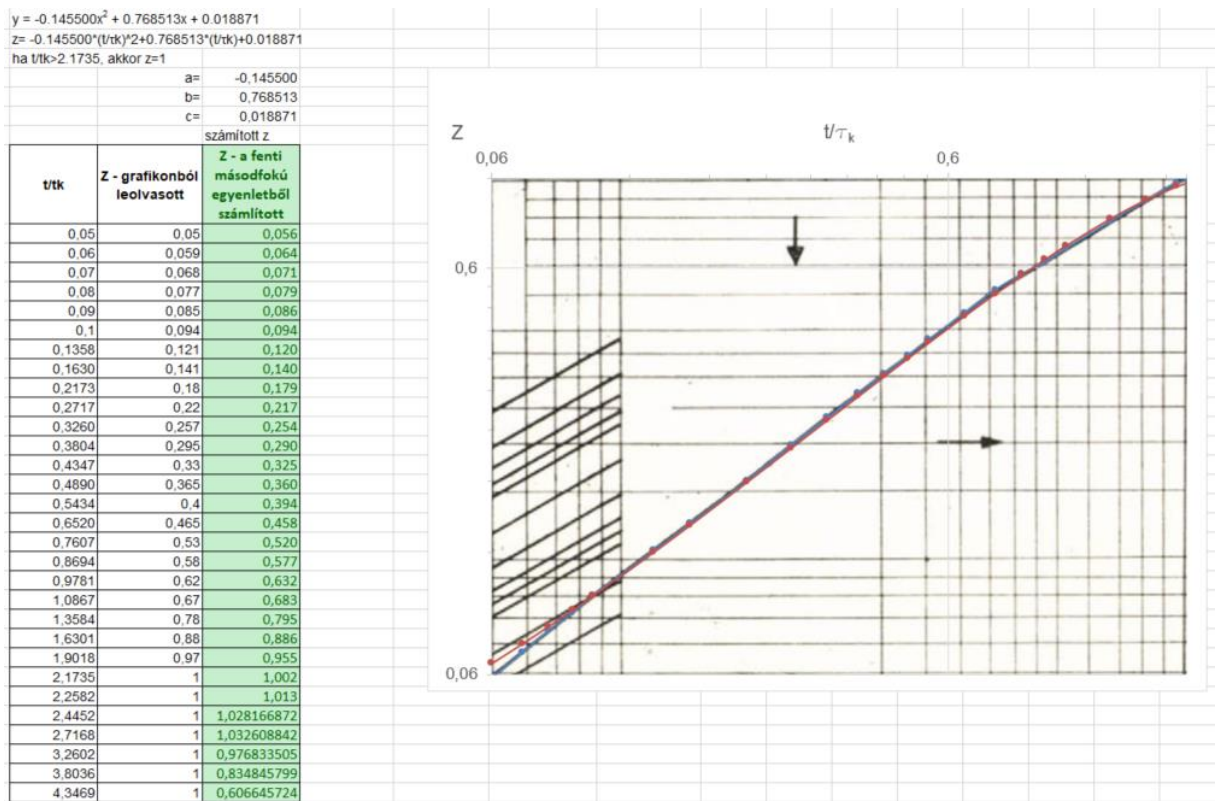
ahol:

$\tau_k$ : Az árhullám késleltetési ideje, órában

L: Lefolyási úthossz, m-ben megadva

I: Átlagos esés, %-ban

A Z tényező egyenletének meghatározását egykori oktatómtól, Sziebert Jánostól kaptam meg egy évközi feladat elkészítését segítő anyagként. Wisnovszky (1968) munkájából – amit a 6. melléklet 2. ábrájaként is elhelyeztem – átvételre került az ennek meghatározását segítő monogram, amelyből a párhuzamos vonalseregtől eltérő vonal lett digitalizálva, a 14. ábrán mutatottak szerint.

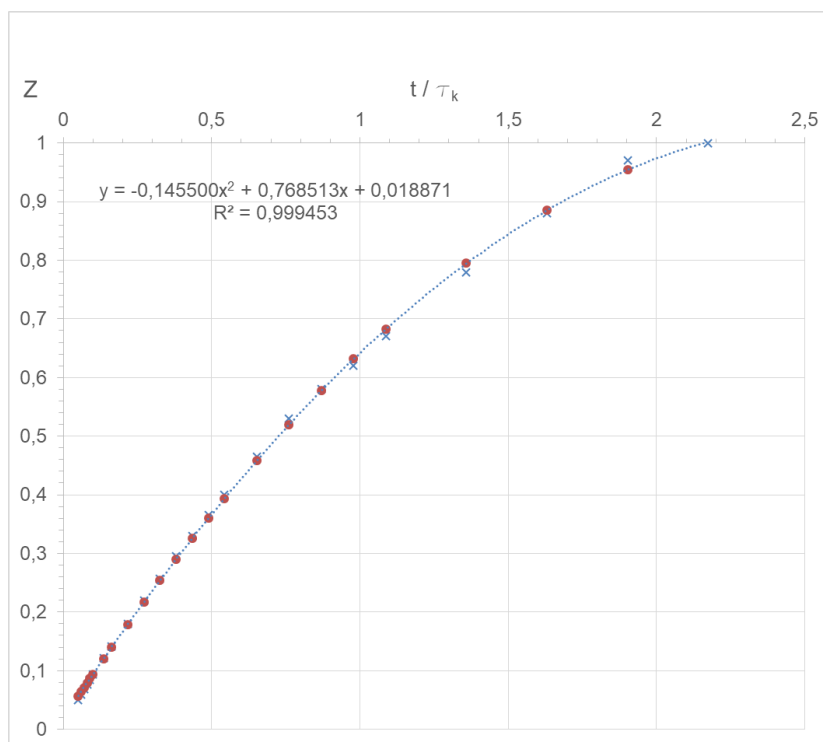


14. ábra: A Z tényező digitalizálása a  $t/\tau_k$  függvényében, logaritmikus skálában

Ennél a monogramnál mind a két tengely logaritmikus skálában van. A 15. ábrán mutatott újabb besúrt diagramban a tengelyek lineáris skálájúak. Az adatsorra felvételre került egy

másodfokú polinomiális trendvonal, melynek egyenlete szintén a 15. ábrán látható. Az egyenletben az y tengelyen a kereset Z paraméter értéke jelenik meg a  $t/\tau_k$  hányados függvényében (x tengely), t pedig az árhullámképnél számításba vett időintervallumot jelenti. Ezeket behelyettesítve létrejött az alábbi egyenlet, melyet az árhullámkép számításakor kell behelyettesíteni minden adott t időtartamra:

$$Z = -0,145500 * (t/\tau_k)^2 + 0,768513 * (t/\tau_k) + 0,018871$$



15. ábra: A Z tényező digitalizálása a  $t/\tau_k$  függvényében, lineáris skálában

Az X tényező meghatározásához először ismerni kell a súlyozott  $\alpha$  lefolyási tényezőt, ehhez pedig a vízgyűjtőterület borítottságát, a borítottságokhoz tartozó talajtípusokat, terület kiterjedéseket és lefolyási tényezőket kell megállapítani. A 16. ábra a munkalapban szemlélteti ennek kiszámítását. Fontos kiemelni, hogy az Excel-dokumentum csak akkor alkalmazható, ha a súlyozott lefolyási tényező 0,6 és 1 közé esik. Ellenkező esetben felül kell vizsgálni a bevitt részterületek kiterjedését és a rájuk megadott lefolyási tényezőket, mivel a módszer csak ezen a sávon belül alkalmazható. Erre visszajelzést az eredmény mellett lehet találni. Az arányok cellája „Százalék” kategóriára lett állítva, így 0 és 100 közötti értéként kell megadni őket.

Felületi viszonyok	Művelési viszonyok	Talajtípus				α Választott	Arány megalásztása	Részterületek	α * Részterület
		A	B	C	D				
Ugar, kopár felület	Hagyományos művelés	0,77	0,86	0,91	0,94	0,91	70,00%	3,92	3,5672
Szőlő, kapásnövények	Hagyományos művelés	0,7	0,8	0,87	0,9	0	0,00%	0	0
	Szintvonalművelés	0,67	0,77	0,83	0,87	0	0,00%	0	0
	Teraszolás	0,64	0,73	0,79	0,82	0	0,00%	0	0
Gabonafajták	Hagyományos művelés	0,64	0,76	0,84	0,88	0	0,00%	0	0
	Szintvonalművelés	0,62	0,74	0,82	0,85	0	0,00%	0	0
	Teraszolás	0,6	0,71	0,79	0,82	0	0,00%	0	0
Pillangósok és egyéb sűrű takarmánynövények	Hagyományos művelés	0,62	0,75	0,83	0,87	0	0,00%	0	0
	Szintvonalművelés	0,6	0,72	0,81	0,84	0	0,00%	0	0
	Teraszolás	0,57	0,7	0,78	0,82	0	0,00%	0	0
Legelő	Ritka	0,68	0,79	0,86	0,82	0	0,00%	0	0
	Közepes	0,49	0,69	0,73	0,84	0	0,00%	0	0
	Kövér	0,39	0,61	0,74	0,8	0	0,00%	0	0
	Szintvonal, ritka	0,47	0,67	0,81	0,88	0	0,00%	0	0
	Szintvonal, közepes	0,25	0,59	0,75	0,83	0	0,00%	0	0
Rét	Szintvonal, kövér	0,06	0,35	0,7	0,79	0	0,00%	0	0
Liget, facsoport, gyümölcsös	Ritka	0,3	0,58	0,71	0,78	0,78	90,00%	1,68	1,3104
	Közepes	0,45	0,66	0,77	0,83	0	0,00%	0	0
	Sűrű	0,38	0,6	0,73	0,79	0	0,00%	0	0
Gazdasági udvar, szérű	Sűrű	0,25	0,55	0,7	0,77	0	0,00%	0	0
	Ritkán járt	0,59	0,74	0,82	0,86	0	0,00%	0	0
Dűlőutak	Kemény felületű	0,72	0,82	0,87	0,89	0	0,00%	0	0
	Nagyon ritka	0,74	0,84	0,9	0,92	0	0,00%	0	0
	Ritka	0,56	0,75	0,86	0,91	0	0,00%	0	0
Erdők	Közepes	0,46	0,68	0,78	0,84	0	0,00%	0	0
	Sűrű	0,36	0,6	0,8	0,76	0	0,00%	0	0
	Igen sűrű	0,26	0,52	0,62	0,69	0	0,00%	0	0
Vízáró felület		0,15	0,44	0,54	0,61	0	0,00%	0	0
		1	1	1	1				
						Összesen:	100,00%	5,6	4,8776 <b>EGYEZÉS!</b>

70 A: Erősen vízteresztő, laza talajok (laza homok, nagy vízfelvévő-képességű lösz)  
71 B: Kevesbé átteresztő talajok (löss, tömör homok, homokliszt, kis izapmennyiségű talajok)  
72 C: Félíg vízáró talajok (iszapos homokliszt, homokliszt, homokos iszap, agyagos homok, stb.)  
73 D: Vízáró talajok (tömör iszap, agyag)

74  
75 Forrás:  
76 Wisnovszky, I. (1968) A dombvidéki kis vízgyűjtő területeken összegyűlekező árvek számítása. Vízügyi közlemények, 50. évfolyam, 4. füzet, 510-538. p.  
77  
78 Elrendezés mintája:  
79 Szalóczy, L. (2001) Kiszárolásokra települt tavak méretezési módszerei. Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.  
80  
81 A súlyozott lefolyási tényező értéke: α = **0,871** **RENDBEN!**

16. ábra: Az α súlyozott lefolyási tényező kiszámítása

Az elrendezést Szalóczy (2001) szakdolgozata alapján mintáztam. Wisnovszky (1968) munkája alapján – elhelyezve a 6. melléklet 1. ábrájában is – lemásoltam a lefolyási tényezőkre segítséget adó táblázatot, mellette – a zölddel kiemelt cellákban – pedig meg kell adni az adott felületre kiválasztott lefolyási tényezőket és a felületek teljes vízgyűjtőterület kiterjedéséhez viszonyított arányát. Az utolsó előtti oszlopban a részvízgyűjtőterületek km<sup>2</sup>-re való átszámítása történik. A súlyozott lefolyási tényező meghatározására az alábbi képletet alkalmazom:

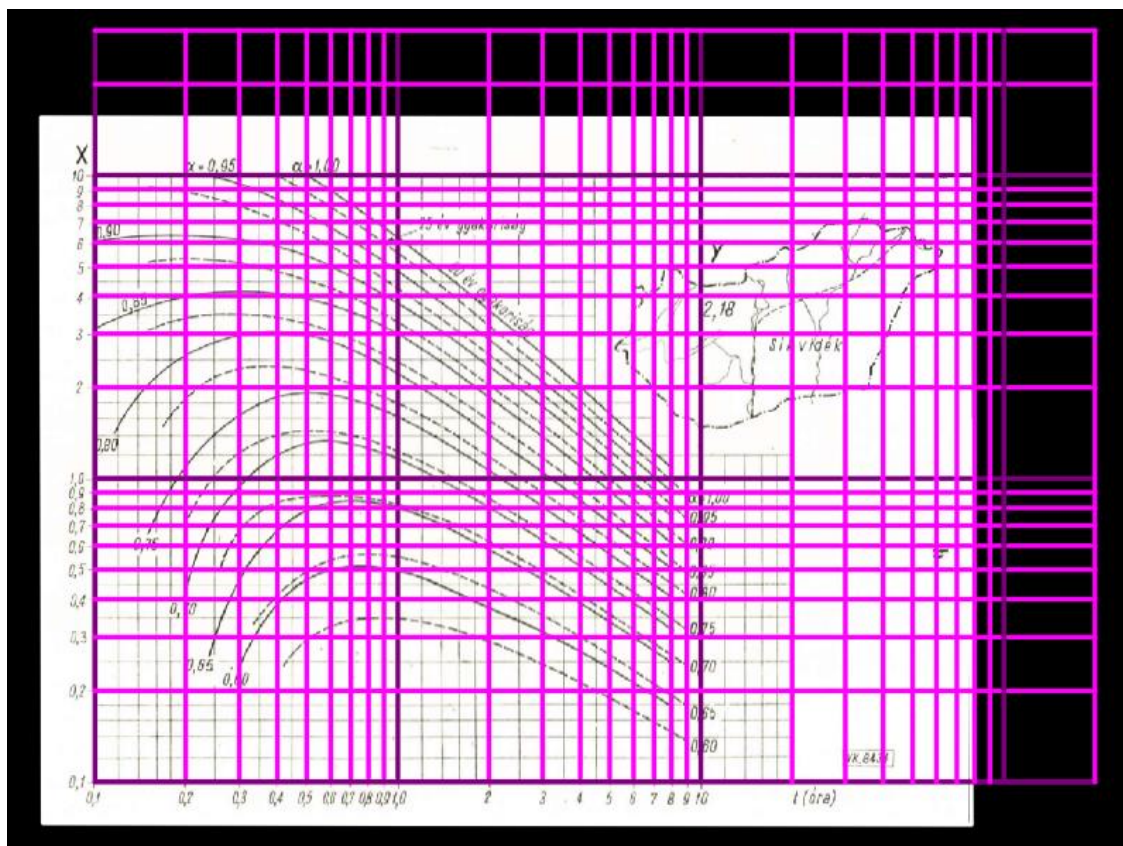
$$\alpha = \frac{\alpha_1 * A_1 + \alpha_2 * A_2 + \dots + \alpha_n * A_n}{A} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i * A_i}{A}$$

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

Az Excel-munkalap utolsó oszlopában az α<sub>i</sub> \* A<sub>i</sub> kerül automatikus kiszámításra. A táblázat alatt az utolsó 3 oszlop összegzésre kerül. Ha az arányok összege 100%-ra, a részterületek összege pedig a vízgyűjtőterület kiterjedésére jön ki, akkor egyezés van a kiindulási adattal. Ellenkező esetben hiba áll fenn, ami a zölddel kiemelt oszlopokban nem megfelelően megadott adatokra vezethető vissza, le kell őket ellenőrizni. A táblázat jobb alsó sarkánál lehet erre visszajelzést találni. A súlyozott lefolyási tényező az összegzett α<sub>i</sub> \* A<sub>i</sub> szorzatok és a vízgyűjtőterület kiterjedésének hányadosával automatikusan kiszámításra kerül a sárga háttérszínű cellában.

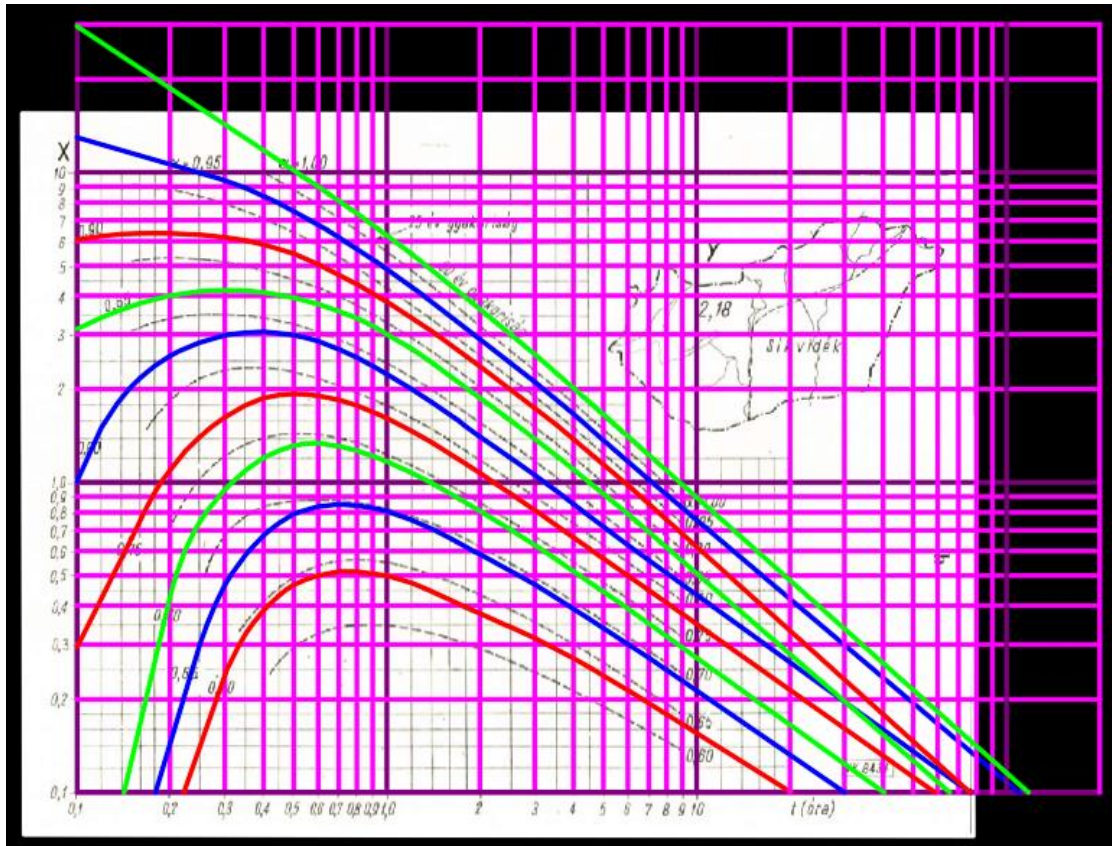
Miután ismert a súlyozott lefolyási tényező, meg kell állapítani, hogy az adott lefolyási tényezőkhöz hasonlítva hogyan alakul az ehhez tartozó X-t görbe. Ehhez először szükség volt Wisnovszky (1968) munkájából – elhelyezve a 6. melléklet 3-4. ábrájában is – az X tényező meghatározását segítő monogramok digitalizálására.

A digitalizálást Civil3D-ben hajtottam végre. Először a szakirodalmi forrásokból szkennelt 25-50 éves, illetve 5-10 éves visszatérési időhöz tartozó monogramokat elhelyeztem a modelltérbe. Megrajzoltam a logaritmikus skálájú tengelyeket és beosztásaikat, az ábrákat pedig az ADERSHEET paranccsal addig transzformáltam, amíg a lehető legpontosabban illeszkedtek a tengelyekre. Ennek szemléltetése a 17. ábrán látható, a 25-50 éves visszatérési időhöz tartozó monogram esetén.



17. ábra. A transzformált monogram ábrák ráillesztése a megrajzolt logaritmikus skálákra

A logaritmikus skálájú tengelyeket a görbék meghosszabbítása miatt bővítettem. Sötétlila színnel a 0,1; 1; 10 és 100 osztásokat, világoslila színnel pedig a relevánsabb osztásközöket. Ezt követően a görbéket a vonalláncot rajzoló eszközzel digitalizáltam, minden egyes visszatérési időre és  $\alpha$ -ra külön fóliákat létrehozva. A digitalizált görbéket a 18. ábra szemlélteti 50 éves gyakoriság esetén.



18. ábra: A görbék digitalizálása

A görbék felvett értékeit kétféle módszerrel is kigyűjtöttem. Az első módszernél egy táblázatban felírtam a  $t$  beosztásait és az  $\alpha$  értékeket, majd a Civil3D modellterében a  $t$  tengely beosztásai és az adott görbe metszéspontját vettem, amiknek távolságát az  $X$  tengely 1-es beosztásától lemértem, a távolságokat feljegyeztem. Ezt követően a 10-et minden egyes feljegyzett értékre hatványoztam, és így pontosan megkaptam a görbék tengelyen elfoglalt értékeit. A második módszernél a vonalláncok töréspontjainak koordinátáit gyűjtöttem ki. Ez úgy történt, hogy a Civil3D segítségével automatikusan elhelyeztettem COGO pontokat egy adott görbe töréspontjain – ügyelnem kellett arra, hogy csak annak a fóliája legyen fagyaszthatlan –, egy külön pontcsoportot létrehozva nekik. Ezt követően a pontcsoportok pontjainak koordinátáit txt-fájlba exportáltam. A txt-fájl tartalmát ezután Excelbe másoltam és kellő átalakításokkal struktúrába hoztam őket. Ezt követően szintén meg kellett állapítanom, hogy a görbék a tengelyeken milyen értékeket vesznek fel. Ehhez a logaritmikuss léptékű tengelyek 1-es beosztásának metszéspontja koordinátáját kellett ismernem, ugyanis minden egyes meghatározott koordinátából ki kellett ezt az az egyetlen koordinátát vonnom, figyelve arra, hogy melyik tengellyel számolok éppen. Ezt követően a 10-et a különbségekkel hatványozva szintén megkaptam, hogy a görbék milyen értékeket vesznek fel a logaritmikuss léptékű tengelyeken. Az első módszer

pontosabb, ugyanis akkor figyelembe tudtam venni a szkennelésből és transzformációból adódó torzulásokat is, amik kisebb eltéréseket eredményeztek az ábra és a modell tér skálái között. Tulajdonképpen koordináta transzformációs részfeladatokat hajtottam végre, mely megteremtette alapját a további lépéseimnek.

Miután digitalizáltam a monogramokat, következett az automatikus interpolálás megvalósítása, amivel a köztes lefolyási tényezőkre is azonnal előáll a szükséges X adatsor. Ehhez egyrészt a 19. ábrán látható módon felírtam a lefolyási tényező határait, alatta pedig bemásoltam a  $t$  felosztásait kétszer egymás mellé. A jobb oldalra behivatkoztam a kapott súlyozott lefolyási tényezőt, a bal oldali táblázatának második oszlopában pedig az alsó határát adtam meg FKERES függvény segítségével, ahol a súlyozott lefolyási tényező a keresési érték, a tábla pedig a határokat tartalmazó rész. A függvény mindig a lefelé legközelebbi értéket keresi meg, ha nem talál pontos egyezést. A felső határt úgy adtam meg, hogy a megkeresett alsó határhoz hozzáadtam 0,05-öt. A hozzájuk tartozó adatsorokat VKERES függvénnyel hivatkoztam be, ahol táblának az előbbi bekezdés által nyert adattömböt adtam meg. Az interpolálást az *XonGrid kiegészítőben található Interp1d függvénnyel* oldottam meg.

α határok:					
81					
82					
83	0,6	0,65			
84	0,65	0,7			
85	0,7	0,75			
86	0,75	0,8			
87	0,8	0,85			
88	0,85	0,9			
89	0,9	0,95			
90	0,95	1			
91					
92					
93	Az X <sub>10</sub> meghatározása:				
94					
A legközelebb eső adatsorok:			Interpolált adatsor:		
α→ t↓	0,85	0,9	α→ t↓	0,871	
96	0,1	3,12464009	6,058986711	0,1	4,35706567
97	0,12	3,39781712	6,224435916	0,12	4,58499701
98	0,14	3,61160296	6,319751476	0,14	4,74902534
99	0,15	3,69743033	6,337237742	0,15	4,80614945
100	0,16	3,78007137	6,351846583	0,16	4,86021696
101	0,18	3,90301302	6,35477239	0,18	4,93275196
102	0,2	3,9994475	6,351846583	0,2	4,98745511
103	0,25	4,13237761	6,286370884	0,25	5,03705479
104	0,3	4,16677452	6,165950019	0,3	5,00642823
105	0,35	4,14954043	6,026983465	0,35	4,9380665
106	0,4	4,09920842	5,842517205	0,4	4,83139811
107	0,45	3,9994475	5,644168882	0,45	4,69023048
108	0,5	3,93912715	5,495408739	0,5	4,59276542
109	0,55	3,84503237	5,246866328	0,55	4,43380263
110	0,6	3,76010524	5,047775135	0,6	4,30092659
111	0,65	3,66015941	4,845069375	0,65	4,15782159
112	0,7	3,56287019	4,665519404	0,7	4,02598286
113	0,75	3,49945167	4,497798549	0,75	3,91875736
114	0,8	3,38610172	4,356121655	0,8	3,79351009
115	0,85	3,29154654	4,208235154	0,85	3,67695576
116	0,9	3,20036859	4,067241873	0,9	3,56445537
117	0,95	3,09385532	3,937313537	0,95	3,44810777
118	1	2,99916252	3,821202032	1	3,34441911
119	1,2	2,70458105	3,393907488	1,2	2,99409815
120	1,4	2,4310842	3,067608977	1,4	2,6984246
121	1,5	2,31048822	2,916755329	1,5	2,56510881
122	1,6	2,20292646	2,782915374	1,6	2,44652181
123	1,8	2,02069143	2,554465255	1,8	2,24487644
124	2	1,8724059	2,368645132	2	2,08082638
125	2,5	1,59055893	1,98523315	2,5	1,76523383

19. ábra: Az X tényező adatsorainak meghatározása

Az Y tényező meghatározását azzal kezdtem, hogy digitalizáltam a 6. melléklet 3.4. ábráján lévő Magyarország ábrát. Az országhatárt úgy digitalizáltam, hogy ArcGIS-be bevitettem



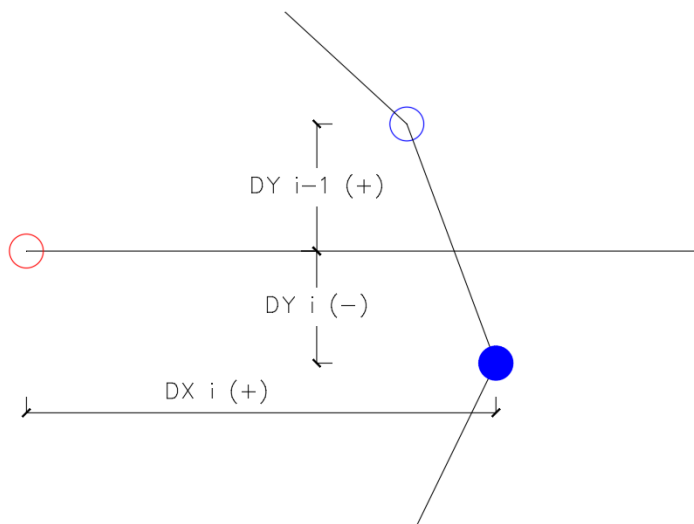
hátternek egy OpenStreetMaps térképet, majd ezt átvittem Civil3D-be, ahol a vonalláncot rajzoló eszközt aktiválva kattintottam végig a töréspontokon. A koordinátákat ugyanolyan módon nyertem ki, mint az X-t görbék esetén. A legnagyobb csúszás az ország keleti részén jelentkezett, ami körülbelül 3 m. Referenciának a következő alfejezetben említett csapadékmérő állomások helyeit is felhasználtam. Ezt követően a segédlet 4. ábrájából – amelyikben az 5-10 éves visszatérési időhöz tartozó görbék szerepelnek – kiszedtem a Magyarország-ábrát, amit a lehető legpontosabb illeszkedésig transzformáltam az ADERSHEET paranccsal. Ezt követően az Y határvonalait is vonallánccal megrajzoltam úgy, hogy az országhatár töréspontjaiban végződjenek, majd zárt poligonokat állítottam elő, melyeknek szintén kinyertem a koordinátáit a már ismertetett módon. A további műveletek végrehajtása a 20. ábrán látható.

Az Y értékek meghatározása																
220	25 és 50 év visszatérési idő esetén:	$Y_{25 \text{ és } 50}$	2,18													
222	5 és 10 év visszatérési idő esetén:	$Y_{5 \text{ és } 10}$	1,98													
227	Koordináták:	610000	250000					Mo-n van?	IGAZ		$Y_{25 \text{ és } 50}$	2,18	$Y_{5 \text{ és } 10}$	1,98	0	
228																
229	<b>Magyarország határa</b>	<b>Síkvidék izovonala</b>	<b>2,10 izovonala</b>	<b>1,98 izovonala</b>	<b>Magyarország határa</b>	<b>Síkvidék izovonala</b>	<b>2,10 izovonala</b>	<b>1,98 izovonala</b>	<b>Metszések</b>	<b>Metszések</b>	<b>Metszések</b>	<b>Metszések</b>	<b>Metszések</b>	<b>Metszések</b>	<b>Metszések</b>	
230	EVVX	EVVY	EVVX	EVVY	EVVX	EVVY	EVVX	EVVY	Dx	Dy	1	Dx	Dy	1	Dx	Dy
231	456312,048	263677,179	633598,3341	62916,2767	620262,249	269033,93	579630,1549	268336,398	-153688	13677,2	1	23598,3	-187084	0	10262,2	19033,9
232	455309,48	263647,716	637621,7885	111090,8799	691758,447	275493,84	577163,8584	258377,5595	-154691	13647,7	0	27621,8	-138909	0	81758,4	25493,8
233	455058,833	264841,018	635897,3201	148866,9233	733458,271	285530,418	553164,6328	240978,9889	-154941	14841	0	25897,3	-101133	0	123458	35530,4
234	454587,041	265062,003	638651,2507	186644,3908	780735,268	304590,687	513435,9009	233024,4663	-154413	15062	0	28651,3	-63355	0	170735	54590,7
235	453967,812	264551,08	645446,7681	206986,1118	809640,968	325793,946	498717,5168	204940,2503	-156032	14561,1	0	36548,8	-41314	0	199641	75793,9
236	454012,039	262763,787	657567,4171	217721,5203	892226,772	359547,318	492386,541	191395,3112	-155988	12763,8	0	47567,4	-32278	0	222227	109547
237	452360,75	261644,142	675596,3533	226388,3206	827104,26	362649,454	491984,1374	173300,2334	-157639	11644,1	0	65596,4	-23612	0	217104	112649
238	456297,751	259900,662	696141,4961	235834,3163	826396,992	363249,919	499227,4224	153797,76	-153702	9900,66	0	86141,5	-14166	0	216397	113250
239	458361,858	258515,844	746686,5119	250517,2673	815570,87	363201,361	514518,805	134697,3999	-151638	8515,84	0	196687	517,267	1	215571	113201
240	459216,989	259281,911	805978,9517	280465,4012	824744,759	362667,231	542929,9202	108553,7952	-150783	9281,91	0	195979	30465,4	0	214745	112667
241	462740,709	257219,413	856968,566	313031,3085	824825,744	360789,69	586638,4467	81682,2755	-147259	7219,41	0	246969	63031,3	0	214826	110790
242	463623,016	255958,019	885679,2399	346331,3737	824177,815	360482,161	599791,4741	82491,1057	-146377	9598,02	0	275679	96331,4	0	214178	110482
243	464975,389	255928,32	883275,5238	348429,8252	823578,484	361032,472	608897,418	88152,915	-145025	5928,32	0	273276	98429,8	0	213578	111032
244	467011,375	256923,24	880848,0934	348542,3536	822493,194	361016,29	615782,9877	99695,0471	-142989	6923,24	0	270848	98542,4	0	212493	111016
245	468956,9	256193,781	880467,3541	347045,9401	822185,417	360207,002	617411,0887	114337,3354	-141043	6193,78	0	270467	97045,9	0	212185	110207

20. ábra: Az Y értékek kiszámítása

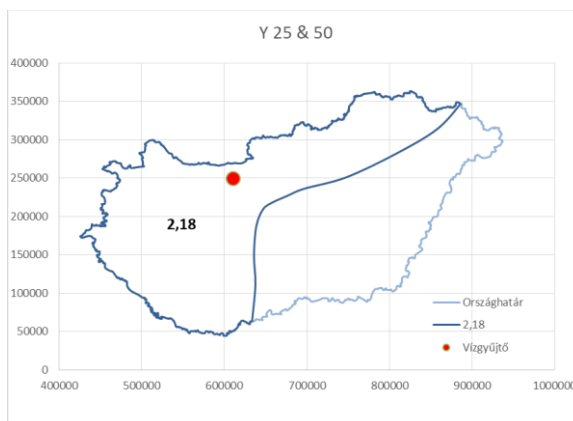
Már csupán a zárt poligonjaimra, mint alaptérképre felrajzolt, keresett szelvény koordinátájának helyét kellett numerikusan beazonosítanom. A részfeladat kérdése: a pont benne van-e egy adott poligonban? Az alkalmazott módszer alapelve, hogy ha egy adott pontból akármilyen irányú végtelen egyenest indítunk, akkor az egyenes és az adott, zárt poligon metszéspontjainak száma mutatja meg, hogy a pont a poligonon belül vagy kívül található-e. Függetlenül attól, hogy a poligon konvex vagy konkáv, ha a pont a poligonon belül található, akkor a metszések száma páratlan. Az elkészítés során keleti irányba húzott egyenessel számoltam. Első lépésben a felhasználói területen megadott (szelvény) koordinátákat kivontam a digitalizálással előállított zárt vonalláncok törésponti koordinátaiból. Ezt követően egy külön oszlopban HA függvénnyel vizsgáltam két feltétel együttes fennállását: Az adott pont X-re vonatkoztatott különbsége pozitív, valamint a soron lévő és az azt megelőző pont Y-ra vonatkoztatott különbségeinek szorzata negatív. Amennyiben mindkét feltétel teljesül, akkor a ponttól keleti irányba húzott egyenes metszi a poligont. Ebben az esetben a metszések oszlopában 1-est, ellenkezőleg pedig 0-át írtam ki a HA függvénnyel. Ezt követően összegeztem az oszlop értékeit, majd HA

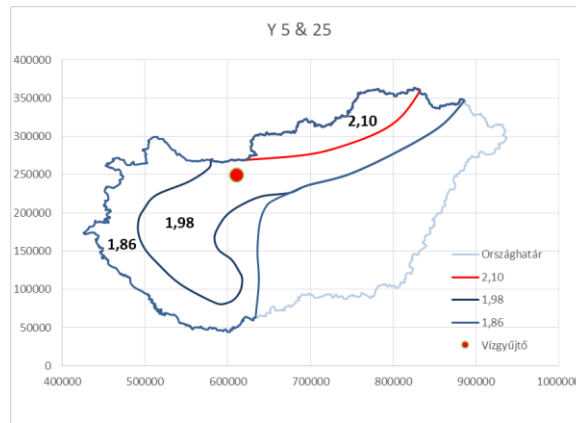
és PÁRATLANE függvényeket kombinálva megmondtam a programnak, hogy milyen Y értékeket adjon meg. 5 és 10 év visszatérési idő esetén a legnagyobb érték kerül kiindulási adatként megadásra, mivel a digitalizálást úgy csináltam, hogy a poligonok egymást fedjék. A gondolatmenet saját készítésű sematikus szemléltetését a 21. ábra mutatja. Az adott pont elhelyezkedésének vizuális szemléltetését szolgáló diagramok a 22-23. ábrán láthatóak.



21. ábra: Az Y tényező meghatározásának gondolatmenete

A piros kör az általunk megadott pontot takarja, a kék körök pedig a poligon töréspontjait. A sraffozott kör azt jelenti, hogy a táblázat adott sorában éppen azt vizsgáljuk. Mivel keletre indítottam el a megadott pontból húzott egyenest, így a megadott ponttól minden keletre lévő töréspont esetében az X koordinátakülönbség pozitív. Ahogy az ábrán látható, a vizsgált töréspont és az azt megelőző töréspont egy szakaszt képeznek. Amennyiben ezen a vizsgált szakaszon az egyenes keresztülhalad, az Y koordinátakülönbség az egyik töréspontnál pozitív, a másikonál negatív lesz. Ha mindkét töréspontnál azonos az előjel az Y koordinátakülönbségben, az azt jelenti, hogy az egyenes nem halad keresztül a vizsgált szakaszon.



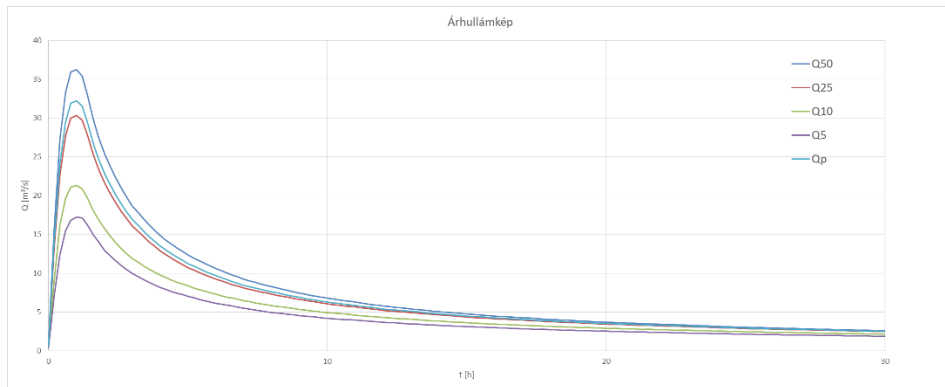


22-23. ábra: A Y tényező meghatározásának vizuális szemléltetése

Miután a vízhozam képletéből minden tényező ismert, következik az árhullámképszámítás, melynek felületét a 24. ábra szemlélteti. Először meg kell adni egy tetszőleges  $\Delta t$  osztásközt a zölddel jelölt cellában, amiből az Excel automatikusan megadja a  $t$  értékeket. A  $t/\tau_k$  hányadosokat szintén automatikusan számítottam ki. Az itt megadott  $X$  értékek között tovább interpoláltam, mivel a korábbi és az ebben a táblázatban lévő időfelosztás nem egyezett meg. A  $Z$  értékek számítása a korábban írt egyenletből történik minden adott  $t/\tau_k$  hányadosra, ami ha nagyobb, mint 2, a  $Z$  1-et vesz fel. Végezetül az alfejezet elején írt képlet alapján kiszámításra kerül a vízhozam 50, 25, 10 és 5 éves visszatérési időre. Ezt követően már tetszőleges visszatérési időre is kaphatunk eredményt, ami az előbbieket interpolálásából előállítható. Az árhullámkép mindegyik visszatérési időre automatikusan rajzolódik a 25. ábrán látható módon. Szükség esetén az adatsor bővíthető, de akkor a diagram adatkezelésének kiterjedését is módosítani kell. Szükség esetén a  $t[h]$  tengelyének kiterjedését manuálisan kell beállítani a diagramnál. A mértékadó vízhozamok a  $Q$  adatsorok maximális értékével egyeznek meg, melyeket sárga cellaháttérrel emeltem ki. Fontos kihangsúlyozni, hogy a munkalapban maximum  $t = 120$  óráig, valamint 5 és 50 év közötti visszatérési idő esetén lehet alkalmazni az eljárást. Mivel lineáris interpolációt alkalmaztam logaritmikus skálákon, az eredményekben jelentkezhet apróbb pontatlanság. Ez azonban a manuális munkában rejlő hibázás lehetőségénél jóval alacsonyabb.

85	Az árhullámkép meghatározása:												
86	A felosztási időköz: $\Delta t =$ 0,2 óra												
88	Figyelem! Amennyiben hosszabb adatsorral szándékozik dolgozni, jelölje ki a táblázat utolsó sorát, majd a kijelölés jobb alsó pontjától fogva húzza lejjebb a kijelölést a további adatok automatikus számításához.												
89	Ezt követően kattintson a jobb oldalon található diagramra és a színes kiemeléseket a jobb alsó sarkuknál fogva húzza lejjebb a táblázat végéig a teljes árhullámkép ábrázolásához.												
91	Szükség esetén a tengelyek maximumát manuálisan kell beállítani.												
92	Az eljárás maximum t=120 óráig alkalmazható!												
93	Az árhullámcsúcs értéke:												
94							Viszterelési idő (év):	50	25	10	5	33	
95							$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s) =	36,25482921	30,31681199	21,29695972	17,24377611	32,2169775	
97	sorszám	t (óra)	t <sup>2</sup> /s	X <sub>10</sub>	X <sub>25</sub>	X <sub>50</sub>	X <sub>s</sub>	Z (ha t/τ < 2, akkor Z = 1)	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>25</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>50</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /s)
98	1	0	0	3,2174089	2,713453614	1,864752238	1,79551107	0,018871	0,741217561	0,625117759	0,390183831	0,368171373	0,662269696
99	2	0,2	0,328054451	4,9874551	4,205074082	3,163103378	2,478158455	0,25326441	15,54602322	13,10732184	8,954934108	7,015814226	13,88779628
100	3	0,4	0,616108903	4,8313981	4,010219472	3,15963341	2,416904041	0,460464542	27,15898323	22,57837986	16,1131218	12,3390123	24,04294559
101	4	0,6	0,984163354	4,3092966	3,579895299	2,800979536	2,197408222	0,634285304	33,30360143	27,72040015	19,69916431	15,45427414	29,50702456
102	5	0,8	1,312217805	3,7935101	3,161702647	2,446216579	1,956124083	0,776788727	35,97399572	29,98254248	21,06934511	16,84816207	31,89980752
103	6	1	1,640272257	3,3444191	2,79651584	2,163055993	1,751574965	0,88797481	36,25482921	30,31681199	21,29695972	17,24377611	32,2169775
104	7	1,2	1,968326798	2,9940982	2,511794712	1,945912095	1,593560799	0,967843554	35,37656942	29,70257578	20,88246562	17,10121667	31,51757124
105	8	1,4	2,296381159	2,6984246	2,275271416	1,773951335	1,46020186	1	32,94236756	27,77651345	19,66957241	16,19098794	29,42586677
106	9	1,6	2,624435611	2,4465218	2,074233446	1,632972828	1,35059274	1	29,8671382	25,32212105	18,10640272	14,97337231	26,77652654
107	10	1,8	2,952490062	2,2448784	1,90935122	1,517629816	1,252302497	1	27,40545135	23,80935969	16,8274794	13,9986089	24,62010909
108	11	2	3,280544511	2,0890284	1,774671452	1,419476282	1,167826675	1	25,40272839	21,66318909	15,73914193	12,94886214	22,86120164

24. ábra: Az árhullámkép kiszámítása



25. ábra: Az árhullámkép ábrázolása

## 4.2. Racionális módszer

A racionális módszer elkészítése során a következő képlet kiszámítása a cél:

$$Q_{p\%} = \alpha * i_{p\%} * A$$

ahol:

$Q_{p\%}$ : A p% valószínűségű vízhozam, m<sup>3</sup>/s-ban

$\alpha$ : A lefolyási tényező

$i_{p\%}$ : A p% valószínűségű csapadékintenzitás

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

A 26. ábrán látható a módszernek létrehozott munkalap eleje, ahol a zöld háttérszínű cellákban kell megadni a kiindulási adatokat. Ezt követően az összegyülekezési idő automatikusan kiszámításra és kerekítésre kerül a Wisnovszky-képlet cellahivatkozásos behelyettesítése által:

$$\tau = \frac{L^2}{\sqrt{A * S}}$$

ahol:

$\tau$ : Összegyülekezési idő, percben megadva

L: A völgy hossza, km-ben

S: A völgy átlagos esése, m/m-ben

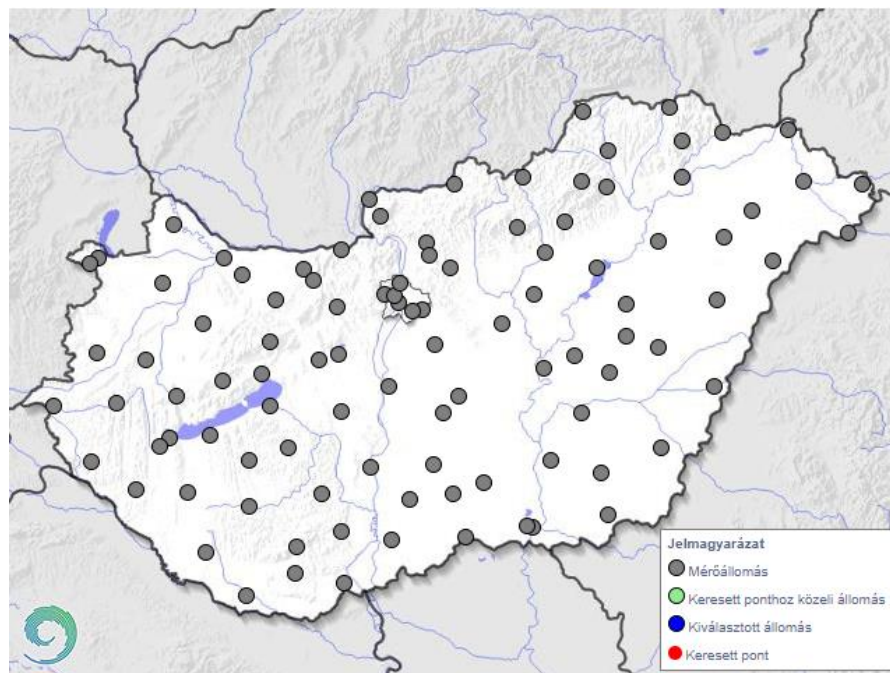
A: A vízgyűjtőterület kiterjedése, km<sup>2</sup>-ben megadva

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Alkalmazás a racionális módszerhez</b>						
2							
3		:	Ezeket a mezőket manuálisan kell kitölteni				
4		:	Eredmény				
5							
6							
7							
8	<b>Bemeneti adatok és összegyülekezési idő meghatározása:</b>						
9							
10	Az érintett hely koordinátái:				EOVX=	610000	
11					EOVY=	250000	
12							
13	Visszatérési idő:					33 év	
14							
15	<i>Figyelm! A munkalap csak 1 és 100 éves visszatérési idő között alkalmazható!</i>						
16							
17							
18	A vízgyűjtőterület kiterjedése:				A=	5,6 km <sup>2</sup>	
19							
20	A völgy hossza:				L=	3,1 km	
21							
22	A völgy átlagos esése:				S=	3 %	
23							
24	Az összegyülekezési idő:				$\tau$ =	24 perc	
25							
26	<i>Figyelm! A munkalap csak 10 és 60 perc közötti csapadék időtartam között alkalmazható!</i>						
27							

26. ábra: A bevíteli adatok megadásának felülete racionális módszer munkalapjában

Fontos kihangsúlyozni, hogy az Excel munkalap 1 és 100 év közötti visszatérési idő, valamint 10 és 60 perc közötti csapadék időtartam esetére alkalmazható. Ennek oka az, hogy a csapadékinzintitás meghatározásához olyan adatokat használtam alapul, melyek ezekre az intervallumokra terjednek ki. Ezen alapadatok az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapjáról származnak, ahonnan mind a 101 mérőállomás csapadékinzintitás-adatait elértem, így az automatizált módszert a legfrissebb kiindulási adatokra alapozhatom. A mérőállomások elhelyezkedése a 27. ábrán, a letöltött adatok struktúrája pedig a 28. ábrán látható. A mérőállomások WGS84 koordinátáit a honlap kiírja az állomásokra való kattintás után. A WGS84 koordinátá-

kat ArcGIS térinformatikai szoftver segítségével transzformáltam EOV koordinátákká. Az állomások csapadékkintenzitás adatait egy külön munkalapban kétféle elrendezésben helyeztem el a 29. ábrán látható módokon.



27. ábra: Az OMSZ csapadékmérő állomásainak elhelyezkedése Magyarországon  
 Forrás: <https://met.hu/eghajlat/csapadekintenzitas/>

	A	B	C	D	E	F
1	intenzitas (mm/h)	10 perces	20 perces	30 perces	60 perces	
2	1 éves 100%-os	36,53	28,58	22,4	14,84	
3	2 éves 50%-os	57,6	43,46	35,04	22,29	
4	4 éves 25%-os	69,35	51,72	41,56	26,66	
5	5 éves 20%-os	72,33	53,81	43,14	27,8	
6	10 éves 10%-os	80,2	59,32	47,19	30,88	
7	20 éves 5%-os	86,59	63,79	50,31	33,48	
8	50 éves 2%-os	93,47	68,58	53,47	36,38	
9	100 éves 1%-os	97,76	71,56	55,33	38,26	
10						

28. ábra: Az OMSZ honlapjáról letöltött adatok struktúrája adott csapadékmérő állomásra  
 Forrás: <https://met.hu/eghajlat/csapadekintenzitas/>

									10 perc													
	Távolság a megadottól	Állomás száma	WGSN	WGSE	EOVX	EOVY	1 éves 100%-os	2 éves 50%-os	4 éves 25%-os	5 éves 20%-os	10 éves 10%-os	20 éves 5%-os	50 éves 2%-os									
1																						
2																						
3	Állomás neve:	Sopron Kuruc-dombs								244793,8606	1	47,68	16,6	466266,0871	262454,5207	36,53	57,6	69,35	72,33	80,2	86,59	93,47
4	Állomás száma:	1								243302,3989	2	47,71	16,67	471620,9716	265626,1937	35,51	57,11	73,78	78,82	94,34	110,34	132,01
5																						
6																						
7	Észak koordináta:	WGS EOV								208893,3858	3	47,2	16,65	468381,2956	268999,6701	37,20	60,29	73,63	77,21	86,46	94,29	103,02
8	Kelet koordináta:	47,68 262454,5207								216976,4432	4	46,91	16,31	441505,343	177627,8954	43,42	68,67	84,2	88,36	99,86	109,87	123,48
9																						
10	intenzitás (mm/h)	10 20 30 60								183227,3116	5	46,93	16,81	479639,219	178637,8454	38,77	59,17	73,63	77,8	90,14	101,97	117,29
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22	Állomás neve:	Sopron Fertőrákos								184626,8602	6	46,61	16,61	463306,3627	143539,1059	41,63	65,14	82,75	87,99	103,88	119,72	141,12
23	Állomás száma:	2								133859,2483	7	46,46	16,97	490429,5223	136074,1831	46,55	63,97	77,3	81,31	93,6	106,03	123,11
24																						
25																						
26	Észak koordináta:	WGS EOV								197307,8341	9	47,71	17,67	546640,3673	263827,7844	39,48	58,94	71,73	75,28	85,41	94,63	105,89
27	Kelet koordináta:	47,71 265626,1937								206556,7317	10	47,58	17,18	509532,514	250137,1865	25,23	55,24	71,63	75,75	86,54	95,19	104,36
28																						
29	intenzitás (mm/h)	10 20 30 60								183493,7424	11	47,62	17,81	550988,134	253641,8393	28,36	49,57	63,65	66,16	75,88	84,34	94,19
30																						
31																						
32																						
33																						
34																						
35																						
36																						
37																						
38																						
39																						
40																						
41																						
42																						
43																						
44																						
45																						
46																						
47																						
48																						
49																						
50																						

29. ábra: A letöltött adatok elrendezéseinek kialakítása

A racionális módszer munkalapján lejjebb a csapadékinintenzitás automatikus kiszámítása történik, az eredményeket a 30. ábrán a sárga háttérű cellák tartalmazzák. Először egy Pitagorasz-tétellel minden állomásra kiszámoltam a megadott koordinátától lévő távolságát. Ezt követően egy FKERES függvény segítségével meg kellett állapítanom, hogy ezen távolságok közül melyik a legkisebb, ugyanis ez teszi lehetővé a legközelebbi csapadékmérő állomás beazonosítását. Ezután INDEX függvény segítségével megjelenttem az adott állomáshoz tartozó csapadékinintenzitás adatokat, majd az interpoláló függvény segítségével lehetővé tettem, hogy lineáris interpoláció által tetszőleges visszatérési időre és tetszőleges időtartamra is automatikusan meghatározhatóak legyenek a csapadékinintenzitás-adatok.

28	<b>A csapadékinintenzitás meghatározása:</b>					
29						
30	<b>A legközelebbi állomás száma:</b>					28
31						
32	<b>Állomás neve:</b>	Tatabánya				
33	<b>Állomás száma:</b>	28				
34						
35		WGS	EOV			
36	<b>Észak koordináta:</b>	47,59	249777,4606			
37	<b>Kelet koordináta:</b>	18,39	600552,9934			
38						
39	<b>Visszatérési idő</b>	<b>Időtartam</b>				
40		10	20	30	60	24
41	1	44,78	34,46	23,65	16,55	30,136
42	2	59,28	47,9	36,57	22,59	43,368
43	4	72,68	60,62	48,17	29,13	55,64
44	5	77,14	64,91	51,97	31,49	59,734
45	10	92,12	79,49	64,54	40,06	73,51
46	20	109,41	96,61	78,77	51,13	89,474
47	50	137,02	124,47	100,94	71,16	115,058
48	100	162,41	150,57	120,88	91,98	138,694
49	33	121,3743333	108,6826667	88,377	59,809667	100,5604
50						

30. ábra: A csapadékinintenzitás-adatok automatikus meghatározásának eredményei

A csapadékintenzitás meghatározása után a súlyozott lefolyási tényező meghatározása történik. Ahogy látható az 31. ábrán, ugyanazt a struktúrát alkalmaztam, mint a Ven Te Chow-Wisnovszky módszer esetén, a különbség csak annyi, hogy a választási lehetőségeket elég volt egyetlen oszlopban is leírni, a 2. melléklet 2. ábrája szerint. A táblázatot Szalóczy (2001) szakdolgozatából vettem át. Amennyiben a terep lejtése 5% vagy annál kevesebb, a sárga háttérű cellában lévő eredmény elfogadható, mint súlyozott lefolyási tényező.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
51											
52	<b>A lefolyási tényező meghatározása:</b>										
53											
54	A lefolyási tényező meghatározásának forrása:										
55	Szalóczy, L. (2001) Kisvízfolyásokra települt tavak méretezési módszerei. Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.										
56											
57	<i>Az arány megadása %-ban történjen!</i>										
58											
59				<b>α</b>	<b>α</b>	<b>Arány</b>	<b>Részterületek</b>	<b>α * Részterület</b>			
60				<b>Lehetőség</b>	<b>Választott</b>	<b>megálásztása</b>					
61	<b>BELSŐSÉGEK</b>										
62	<b>Tetőhéjazatok:</b>										
63				0,95	0	0,00%	0	0			
64				0,9	0,9	50,00%	2,8	2,52			
65				0,5 - 0,7	0	0,00%	0	0			
66											
67	<b>Útburkolatok:</b>										
68				0,85 - 0,9	0	0,00%	0	0			
69				0,8 - 0,85	0	0,00%	0	0			
70				0,5 - 0,7	0	0,00%	0	0			
71				0,4 - 0,5	0	0,00%	0	0			
72				0,15 - 0,3	0	0,00%	0	0			
73											
74	<b>Beépítettség foka:</b>										
75				0,7 - 1,0	0	0,00%	0	0			
76				0,6 - 0,8	0	0,00%	0	0			
77				0,5 - 0,7	0	0,00%	0	0			
78				0,3 - 0,5	0	0,00%	0	0			
79				0,4 - 0,5	0	0,00%	0	0			
80				0,2 - 0,3	0,25	50,00%	2,8	0,7			
81				0,1 - 0,2	0	0,00%	0	0			
82				0,1 - 0,2	0	0,00%	0	0			
83				0,05 - 0,1	0	0,00%	0	0			
84											
85	<b>MEZŐGAZDASÁGI TERÜLET</b>										
86				0,15 - 0,3	0	0,00%	0	0			
87				0,12 - 0,25	0	0,00%	0	0			
88				0,08 - 0,2	0	0,00%	0	0			
89				0,03 - 0,1	0	0,00%	0	0			
90											
91	<b>VASÚTI TERÜLET</b>										
92				0,5 - 0,6	0	0,00%	0	0			
93				0,1 - 0,2	0	0,00%	0	0			
94				0,2 - 0,3	0	0,00%	0	0			
95				0,15 - 0,2	0	0,00%	0	0			
96							Összesen:	100,00%	5,6	3,22 <b>EGYEZÉS!</b>	
97											
98	<i>Az arányok összegének 100%-ra, a részterületek összegének pedig a vízgyűjtőterület nagyságára kell kijönnie!</i>										
99											
100	A lefolyási tényező értéke $I \leq 5\%$ esetén:				α=	0,575					
101											

31. ábra: Az α súlyozott lefolyási tényező meghatározása  $I \leq 5\%$  lejtés esetén

Forrás: Szalóczy, 2001

5%-nál nagyobb tereplejtés esetén növelni kell az itt kapott lefolyási tényezőt a 2. melléklet 3. ábrája alapján. Ennek Excelben történő automatizálását szintén Szalóczy (2001) szakdolgozatából vettem át, ami az 32. ábrán látható.



104	A lefolyási tényező értékének növelése I > 5% terepesésnél:					
105						
106	Terepesés:	3 %				
107						
108		Terepesés	$\alpha$			
109		0,00%	5,00%	0,575	1	1
110		5,00%	6,40%	0,6175	0	1
111		6,40%	7,90%	0,66	0	1
112		7,90%	9,40%	0,7025	0	1
113		9,40%	10,90%	0,745	0	1
114		10,90%	12,40%	0,7875	0	1
115		12,40%	13,90%	0,83	0	1
116		13,90%	15,50%	0,8725	0	1
117		15,50%	17,00%	0,915	0	1
118		17,00%	18,50%	0,9575	0	1
119		18,50%	20,00%	1	0	1
120		20,00% felett		1	0	0
121						
122						
123	$\alpha =$	0,575				
124						
125	A vízhozam kiszámítása:					
126						
127	Q=	89,94569111 m <sup>3</sup> /s			33 éves visszatérési időre	
128						

32. ábra: Az  $\alpha$  lefolyási tényező meghatározása I > 5% lejtés esetén, és a vízhozam számítás eredménye

A táblázat melletti első két szegélyezett oszlop HA függvényeket tartalmaz, melyekben az kerül megállapításra, hogy a megadott tereplejtés mely intervallumba esik. Az első szegély nélküli oszlopban az kerül megvizsgálásra, hogy a megadott tereplejtés nagyobb-e, mint az alsó határ, a második szegély nélküli oszlopban pedig hogy kisebb-e mint a felső határ. Ahol igaz a feltétel, ott 1-est, ahol hamis, ott 0-t tartalmaznak a cellák. Abba az intervallumba esik a lejtés, amelyik sorában mindkét szegély nélküli oszlopban 1-es látható. A 3. szegélyezett oszlopban az előtte lévő 3 oszlop értékeinek megszorozása látható. A megfelelő intervallum sorában ugyanaz az érték fog szerepelni, mint az  $\alpha$  oszlopában lévénél, minden más sorban 0 lesz. A fentebbi sárga cellában az utolsó szegély nélküli oszlop értékei kerülnek összegzésre, ami meg fog egyezni a megnövelt lefolyási tényezővel, vagyis ami a 3. szegélyezett oszlopban a megfelelő intervallum sorában szerepel. A lentebbi sárga cellában a vízhozam kiszámítása automatikusan megtörténik az alfejezet elején szereplő képlet alapján.

### 4.3. OVF árvízszámítási segédlet

A módszer automatizálása során az alábbi képlet kiszámítására kell törekednem:

$$Q_{p\%} = a_i * q_{5\%} * A$$

ahol:

$Q_p$ : A  $p\%$  valószínűségű árvízhozam,  $m^3/s$ -ban

$a_i$ : Mértékegység nélküli valószínűségi szorzó, értékei a 3. táblázatban találhatóak

$q_5$ : Az 5% valószínűségű fajlagos vízhozam,  $m^3/(s \cdot km^2)$ -ben

A: A vízgyűjtőterület kiterjedése,  $km^2$ -ben megadva

Hasonlóan az előző módszerekhez, a munkalap itt is a kiindulási adatok megadásával kezdődik, a 33. ábrán látható módon.

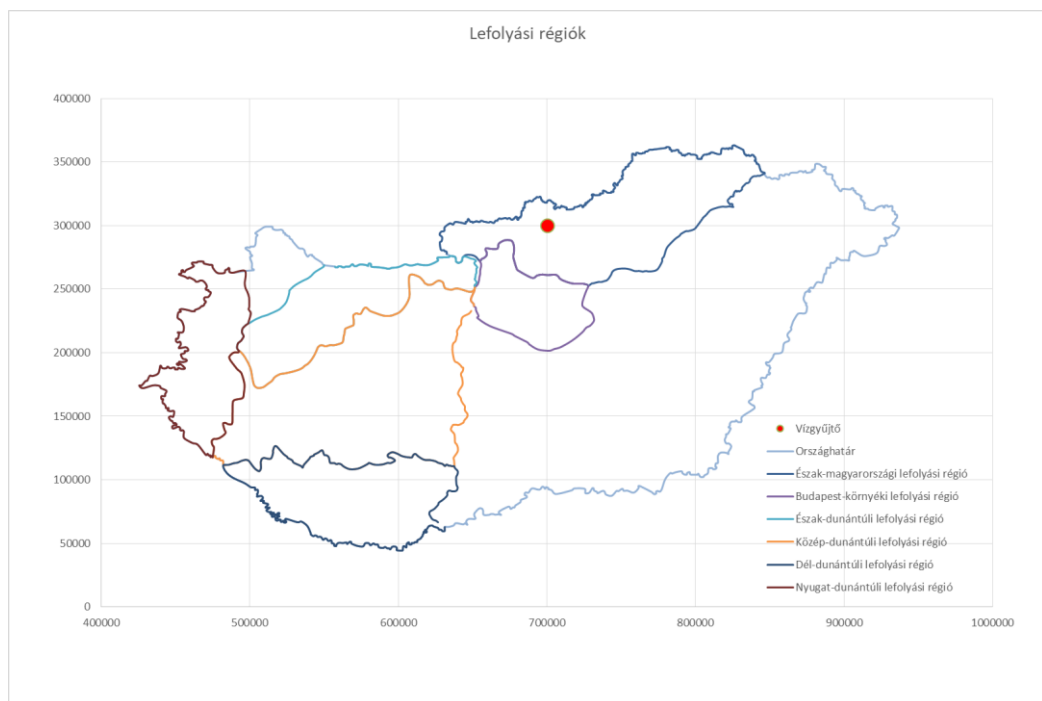
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Alkalmazás az OVF árvízszámítási segédlethez</b>										
2											
3											
4											
5											
6											
7	<b>Bemeneti adatok:</b>										
8											
9	A vízgyűjtőterület kiterjedése:			A=		10	$km^2$		REND BEN!		
10											
11	A fővölgy hossza:			L=		5	km				
12											
13	A fővölgy átlagos esése:			S=		1	%				
14											
15	Valószínűség:			P=		33	%				
16											
17	<b>Figyelem! A munkalap csak 0,5 és 50% valószínűség között alkalmazható!</b>										
18											
19	Összegyülekezési idő:			$\tau_v$		7,90569415	perc		Az eredmény elfogadható		
20											
21	<b>Figyelem! Az összegyülekezési időre kapott eredmény maximum 2000 <math>km^2</math> vízgyűjtőterület kiterjedésig elfogadható!</b>										
22											
23					EOVX:	700000					
24					EOVY:	300000					
25											
26	Lefolyási régió:					1	Észak-magyarországi lefolyási régió				
27											

33. ábra: A beviteli adatok megadásának felülete az OVF szerinti segédlet alkalmazásához

A kiindulási adatok között szerepel a vízgyűjtőterület kiterjedése, a fővölgy hossza, a valószínűség, valamint a vizsgált vízgyűjtőterület vagy szelvény EOV koordinátái. Az összegyülekezési idő – 2000  $km^2$  vízgyűjtőterület kiterjedésig – és az érintett lefolyási régió automatikusan meghatározásra kerül. A lefolyási régió meghatározásának automatizálásához ugyanazt a gondolatmenetet alkalmaztam, mint a Ven Te Chow-Wisnovszky-módszer Y tényezőjének meghatározása esetén. A különbség csak annyi, hogy minden lefolyási régióknak külön azonosítót adtam - ezáltal FKERES függvénnyel könnyebben megkereshettem, hogy melyik régióhoz tartozik a keresett szelvény - az alábbi módon:

1. Észak-magyarországi lefolyási régió
2. Budapest-környéki lefolyási régió
3. Észak-dunántúli lefolyási régió
4. Közép-dunántúli lefolyási régió
5. Dél-dunántúli lefolyási régió
6. Nyugat-dunántúli lefolyási régió

A megadott pont és a régiók vizuális szemléltetését a 34. ábra mutatja.

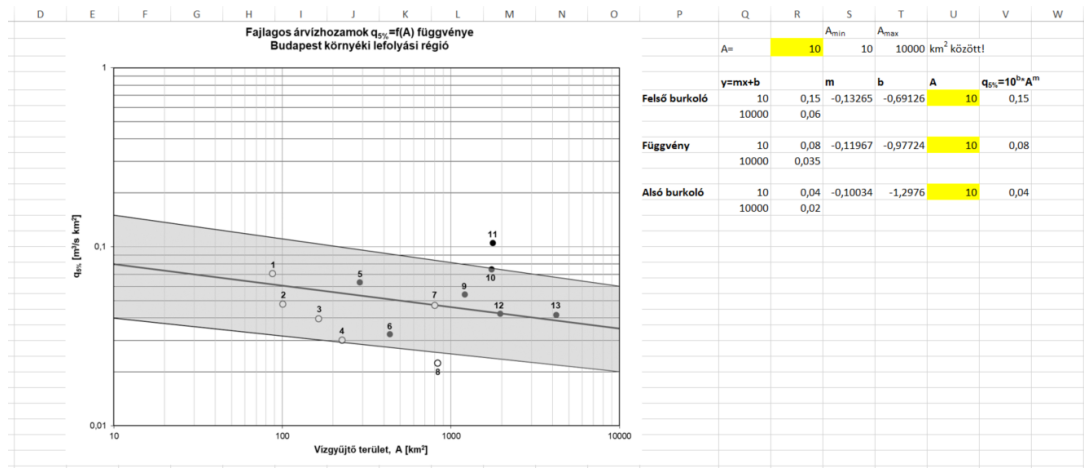


34. ábra: A megadott pont és a lefolyási régiók vizuális szemléltetése

A vízhozam meghatározásához szükség van még az 5% valószínűségű fajlagos árvízhozamra, valamint a valószínűségi szorzóra, melynek segítségével tetszőleges valószínűsége számíthatunk át. Az 5% valószínűségű fajlagos vízhozam automatizálásához Dr. Koris Kálmán nyújtott segítséget azáltal, hogy odaadta nekem a 2021-ben kiadott segédletének 3.2 mellékletében lévő grafikonok függvényeit. Az adatokat a 35. ábrán látható struktúrában kaptam meg, amelyből a legutolsó oszlopban lévő eredményekre volt szükségem. A mértékadó vízhozam kiszámításának felületét a 36. ábra mutatja. Ennek elején a valószínűségi szorzók táblázatának másolata található Koris (2021) segédletéből, ami mellé egyrészt az előbbi módszerekben is használt interpoláló függvénnyel előállítottam a tetszőleges valószínűséghez tartozó valószínűségi szorzókat, másrészt megfelelő cellahivatkozásokkal az 5%-os valószínűségű fajlagos árvízhozam határértékeit helyeztem nyugodt, átlagos és heves lefolyási viszonyokra egyaránt.

Lentebb az érintett lefolyási régióhoz tartozó határértékek kerülnek feltüntetésre egy FKERES függvény által, ami alapján a felhasználó felveheti az 5% fajlagos árvízhozam értékét. Ezt az értéket tartományon kívül is fel lehet venni, ugyanis a határértékek csak tájékoztató jellegűek. A megfelelő valószínűségi szorzó megadását szintén FKERES függvénnyel oldottam meg, ezt követően a mértékadó árvízhozam már számítható az alfejezet elején szereplő képlet cellahivatkozással behelyettesítésével.

Koris (2021) segédlete leírja, hogy lefolyási régió határán lévő vízgyűjtőterületek esetén a szomszédos régiókat is figyelembe kell venni és mérlegelni kell. Az automatizálás során erre egyelőre nem tértem ki, így az Excel-fájl még nem mindig adhat pontos eredményt a lefolyási régiók határai közelében.



35. ábra: A  $q_{5\%}$  függvényének egyenlete és meghatározása a Budapest-környéki lefolyási régió példáján

Ssz.	Valószínűségi szorzók	$a_i$										$q_{5\%}$		
		0,5	1	2	3	5	10	20	50	33	Nyugodt (kiegyenlített)	Átlagos	Heves	
1	Észak-magyarországi lefolyási régió	1,95	1,63	1,34	1,19	1	0,77	0,55	0,27	0,42867	0,35	0,13	1	
2	Budapest-környéki lefolyási régió	2	1,65	1,35	1,19	1	0,77	0,55	0,26	0,42433	0,04	0,08	0,15	
3	Észak-dunántúli lefolyási régió	2,26	1,77	1,4	1,21	1	0,76	0,54	0,28	0,42733	0,07	0,155	0,35	
4	Közép-dunántúli lefolyási régió	1,82	1,54	1,3	1,16	1	0,79	0,6	0,35	0,49167	0,07	0,02	0,22	
5	Dél-dunántúli lefolyási régió	1,81	1,54	1,29	1,17	1	0,8	0,6	0,34	0,48733	0,13	0,32	0,86	
6	Nyugat-dunántúli lefolyási régió	1,8	1,54	1,3	1,17	1	0,79	0,58	0,31	0,463	0,2	0,065	0,6	

5% valószínűségű fajlagos árvízhozam határértékei:	
Nyugodt (kiegyenlített) lefolyási viszonyokra:	$q_{5\%} = 0,35 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$
Átlagos lefolyási viszonyokra:	$q_{5\%} = 0,13 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$
Heves lefolyási viszonyokra:	$q_{5\%} = 1 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$
<i>Ezek a határértékek tájékoztató jellegűek. Az 5% valószínűségű fajlagos árvízhozamra tartományon kívüli értéket is fel lehet venni.</i>	
Felvett 5% valószínűségű fajlagos árvízhozam:	$q_{5\%} = 0,3 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$
Valószínűségi szorzó:	$a_i = 0,42866667$
Kiszámított vízhozam:	$Q_{5\%} = 2,14333333 \text{ m}^3/\text{s}$ 33% valószínűségre

36. ábra: A mértékadó árvízhozam kiszámításának felülete

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Szaktervezésben a mértékadó árvízszámítás empirikus módszereinek elemzésével és automatizálásával foglalkoztam. Hazánkban több módszer is ismert, mindegyik más módon számítja ki a mértékadó vízhozamokat, illetve mindegyiknek más-más felhasználhatósági korlátai vannak, ami miatt mindegyik módszer eltérő eredményeket ad.

Az empirikus árvízszámítási módszerek elterjedt és széles körben használható eljárások, melyek különösen az adatszegény területekre adnak elfogadható eredményeket. A hazánkban ismert módszerek többségét az 1960-70-es években dolgozták ki, az akkori hidrológiai viszonyokra alapozva. Napjainkra viszont a hidrológiai körforgás egyre szélsőségesebb és nehezebben kiszámíthatóvá vált: az emberi tevékenységek révén megváltoztak a lefolyásviszonyok, az aszályos időszakok hosszabbak, csapadék pedig ritkábban hullik, de olyankor akár nagyobb mennyiségben. Ezekből kifolyólag a jelenleg ismert hazai empirikus árvízszámítási módszerek már nem mindig adnak pontos eredményeket, ugyanakkor eredményességük javítható, sőt, a külföldi eljárásrendektől még mindig képesek realiztikusabb, hazánk viszonyaira jobban illeszkedő értékeket szolgáltatni. Szaktervezésben az egyik ilyen megfogalmazott javítási lehetőség a legfrissebb csapadékadatok szerinti feldolgozás.

Napjainkra a területhasználatok is jelentősen megváltoztak, mint például közutak, autópályák épültek, újabb területeket vontak mezőgazdasági művelés alá vagy sajátítottak ki mezőgazdasági területeket, csökkent az erdők területe, műtárgyakat alakítottak ki, az urbanizációs folyamatok révén bővültek a városok is, és még számtalan egyéb példát lehetne felsorolni. Mindezek nagyban megváltoztatták a lefolyási viszonyokat, ami miatt az empirikus eljárások szintén nem mindig adnak pontos eredményeket. Ennek javítási lehetőségeként a területhasználatok vizsgálatát vettem fel a legfrissebb CORINE adatbázisok alapján, melyekből a lefolyási viszonyok felülvizsgálhatóak.

Az automatizáláshoz a három általam legjobbnak vélt empirikus módszert választottam. A racionális módszert a széles és gyakori alkalmazás miatt, a Ven Te Chow-Wisnovszky-módszert az árhullámkép meghatározás és a mai hidrológiai viszonyokra való helytállása miatt, az OVF árvízszámítási segédletét pedig frissessége és a hazánk hidrológiai viszonyaira való legjobb igazodása miatt. Az automatizálás Excel-fájl készítése formájában történt.

## 6. SZAKIRODALOM JEGYZÉK

- Beke, S. – Eszéky, O. – Virág, M. (1983) Árvízi lefolyás. Vízgyűjtők hidrológiai feltárása XXI. Pécs, Dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Vízgazdálkodási és vízminőségvédelmi Osztály, Vízrajzi Csoport
- Chow, V. T. (1962) Hydrologic design of culverts. Civil engineering studies, Hydraulic engineering series No. 5. Illinois Cooperative Highway Research Program, Series No. 5. USA, Illinois, Urbana. pp. 39-54.
- Chow, V. T. (1964) Handbook of Applied Hydrology: A Compendium of Water-resources Technology, 1st Edition. McGraw-Hill. ISBN-13: 978-0070107748, ISBN-10: 0070107742. 147-152. p.
- Clark, C. O. (1945) Storage and the unit hydrograph. Transactions, ASCE, Vol. 110, Paper No. 2261, pp. 1419-1446.
- Dobó, K. (2018) Differenciált árvízvédelem Magyarországon. Hadmérnök, XIII. Évfolyam 4. szám. p. 186-187.
- HEC – Hydrologic Engineering Center (2000) Hydrologic Modelling System HEC-HMS – Technical Reference Manual. US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, 5-13. p.
- Koris, K. (2021) Magyarország kisvízfolyásainak árvizei. Budapest, Országos Vízügyi Főigazgatóság, p. 552-585.
- Koris, K. – Kontur, I. – Winter, J. (1987) Hidrológiai számítások I-II. Budapest, Tankönyvkiadó Vállalat. 494-525 p.
- Krizsán, Zs. (2012) Hidrológia II. Hllgtói jegyzet. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 39-44 p.
- Négyesi, K. (2021) Analyzing the connection between rainfall intensity and time of concentration using rainfall-runoff modeling. Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 13-16 p.
- Salajegheh, A. – Dastorani, J. (2006) Determining of regional coefficients of Fuller's empirical formula to estimate maximum instantaneous discharges in Dasht Kavir Basin, Kalshour Sabzevar, Iran. BIABAN Journal, Vol 11. No 1. pp. 53-59.
- Szalóczy, L. (2001) Kisvízfolyásokra települt tavak méretezési módszerei. Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 16-23. p.

- USDA – United States of Department of Agriculture (1986) Urban Hydrology for Small Watersheds – TR55. USDA – United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service – Conservation Engineering Division
- Vízügyi Műszaki Segédlet (1978) Rövididejű (10-180 perces) csapadékok meghatározása. Országos Vízügyi Hivatal, Azonosító: VMS 201/1-77
- Vízügyi Műszaki Segédlet (1979) A 3-24 óra időtartamú csapadékok meghatározása. OVH Vízügyi Szabványosítási és Egységsítési Központ, Azonosító: VMS 201/2-78
- Wisnovszky, I. (1968) A dombvidéki kis vízgyűjtő területeken összegyülekező árvizek számítása. Vízügyi közlemények, 50. évfolyam, 4. füzet, 510-538. p.

#### Internetes források:

- Empirical Formulae. [https://ebrary.net/184120/environment/empirical\\_formulae#275177](https://ebrary.net/184120/environment/empirical_formulae#275177)  
Utolsó hozzáférés: 2022.03.13.
- Flood estimation flood estimation methods 1 empirical. Indian Institute of Management, Kolkata. <https://www.coursehero.com/file/p14fvej/Flood-estimation-Flood-estimation-methods-1-Empirical-method-2-Rational-method-3/>  
Utolsó hozzáférés: 2022.03.13.
- KÖTIVIZIG (2014) Fogalomtár; Hozzáférés: [http://www.kotivizig.hu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=826&Itemid=137](http://www.kotivizig.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=826&Itemid=137)  
Utolsó hozzáférés: 2022.02.19.
- <https://www.cecalc.com/DAs/Hydrology/DA2.pdf>  
Utolsó hozzáférés: 2022.03.13.
- [www.met.hu](http://www.met.hu)  
Utolsó hozzáférés: 2022.02.19.

## **7. FÜGGELÉKEK**

1. függelék: A konzultációkon történő részvétel igazolása
2. függelék: Szerzői jogi nyilatkozat
3. függelék: Felhasználási nyilatkozat



## **8. MELLÉKLETEK**

1. melléklet: Csermák-módszer grafikus megoldási segédletei (Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)
2. melléklet: Segédletek a racionális módszer alkalmazásához (Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)
3. melléklet: A fajlagos közepes nagyvízhozam meghatározása a Kovács-Takács módszerben (Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)
4. melléklet: Segédlet a Markó módszerhez (Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)
5. melléklet: Segédletek az Eszéky-Virág módszerhez (Forrás: Beke – Eszéky – Virág, 1983)
6. melléklet: Segédletek a Ven te Chow-Wisnovszky módszerhez (Forrás: Wisnovszky, 1968)
7. melléklet: Vízügyi Műszaki Segédlet: Rövididejű (10-180 perces) csapadékok meghatározása
8. melléklet: Vízügyi Műszaki segédlet: A 3-24 óra időtartamú csapadékok meghatározása

## **9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani:

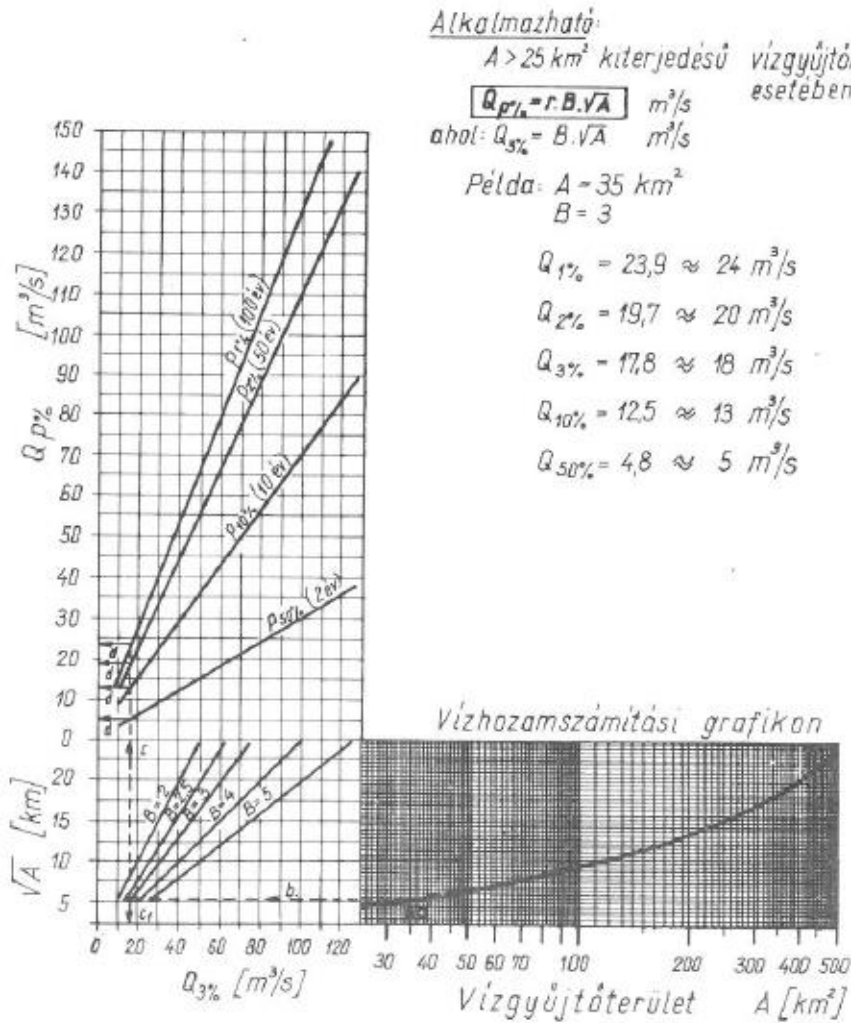
**Sziebert Jánosnak**, az Országos Vízügyi Főigazgatóság nyugalmazott monitoring referensének és a Nemzeti Községi Egyetem Víz tudományi Karának nyugalmazott mesteroktatójának, aki a szakdolgozatom témaválasztására adta az ötletet, valamint akitől hasznos segédanyagokat és útmutatásokat kaptam a szakdolgozatom elkészítéséhez.

Konzulensemnek, **Dr. Keve Gábor** tanszékvezető és egyetemi docens úrnak, aki a lehető legnagyobb támogatással, idejét nem sajnálva segítette szakdolgozatom elkészítését, további segédanyagokkal is biztosítva munkámat.

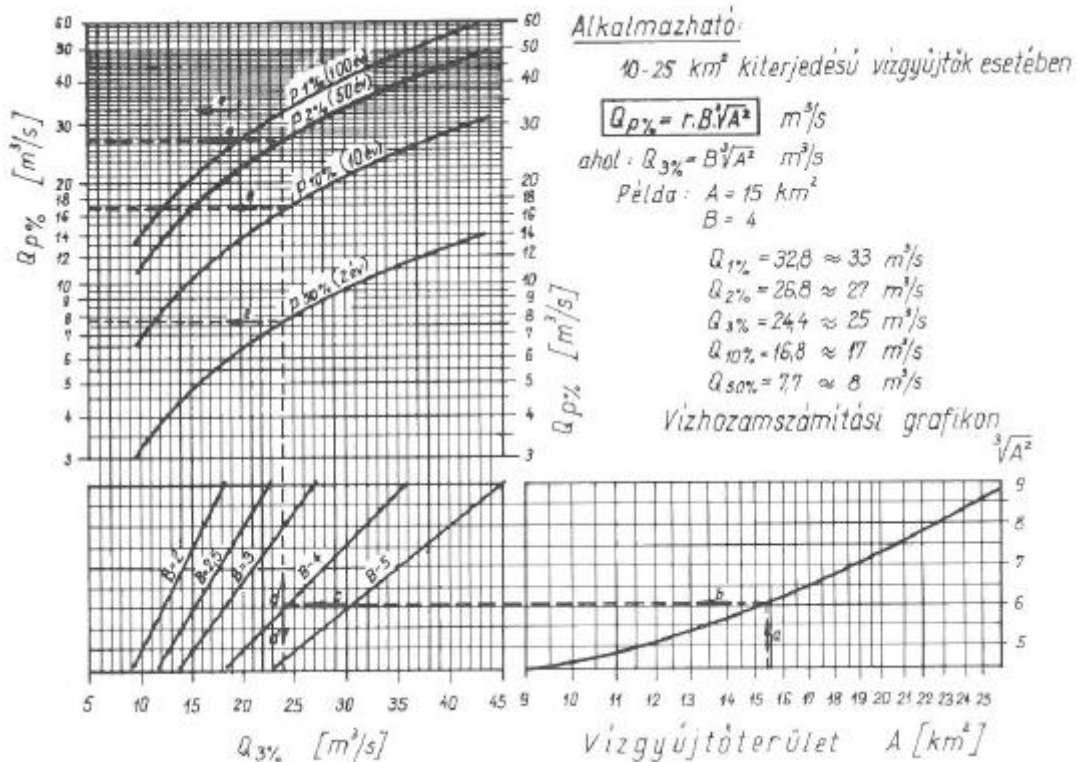
**Dr. Koris Kálmánnak**, akitől szintén kaptam segítséget szakdolgozatom elkészítéséhez.

**Oktatóimnak**, akik munkájának köszönhetően versenyképes oklevelet szerezhettem elvégzett szakomhoz.

**Családomnak, barátaimnak, évfolyamtársaimnak és mindenkinek, akik közel álltak hozzám és támogattak tanulmányaim során.**

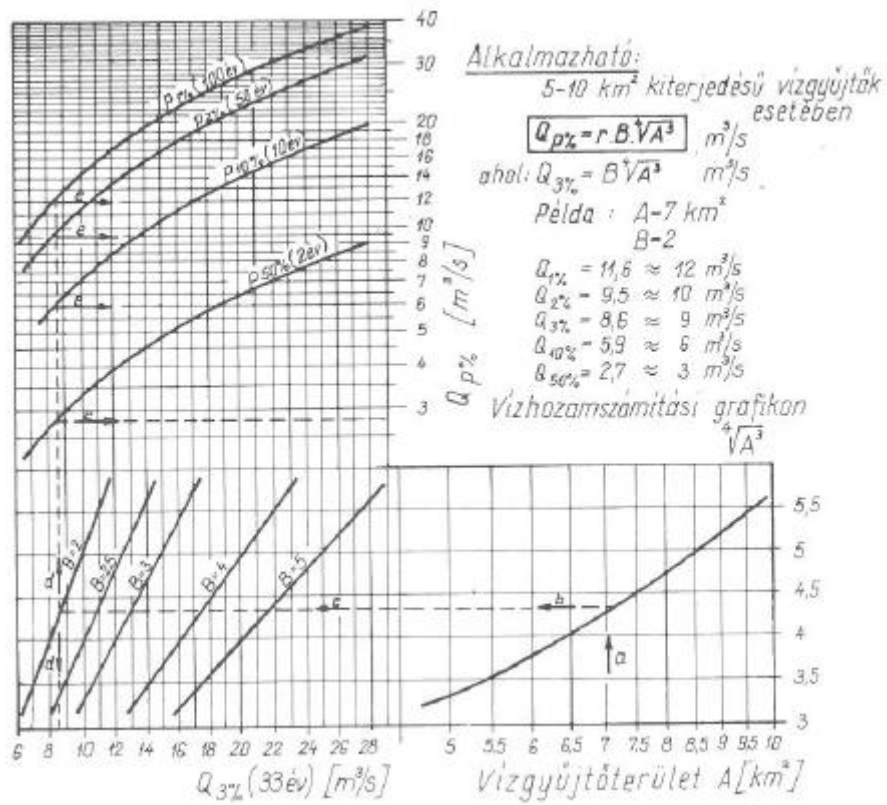


1. ábra: Segédlet a Csermák-módszer grafikus alkalmazásához ( $A > 25 \text{ km}^2$ )



2. ábra: Segédlet a Csermák-módszer grafikus alkalmazásához ( $A = 10 - 25 \text{ km}^2$ )

1. melléklet: Csermák-módszer grafikus megoldási segédletei (Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)



3. ábra: Segédlet a Csermák-módszer grafikus alkalmazásához ( $A = 5 - 10 \text{ km}^2$ )

A segédletek hibahatára:

- $A < 50 \text{ km}^2$  kiterjedésű vízgyűjtőterület esetén  $\pm 40\%$
- $A > 50 \text{ km}^2$  kiterjedésű vízgyűjtőterület esetén  $\pm 20\%$

6-3. táblázat. Az *i* fajlagos esővízhozam átlagos gyakorisági értékei a víztelenítés racionális számításához. (Markó I.)

A földmunka jellege	Vízfolyás vagy műtárgy helye és jellege	Az évenkénti előfordulás relatív valószínűsége* %	Hány évenként ismétlődik (gyakoriság)
1	2	3	4
Közút	Főváros belterületének úthálózata	25-50	4-2
	Nagyobb vidéki városok belterületének úthálózata	50-100	2-1
	Kisebb vidéki városok belterületének úthálózata	100-200	1-1/2
	Főváros és nagyobb vidéki városok külterületének úthálózata	100-200	1-1/2
	Falvak átkelési szakasza	200-300	1/2-1/3
	Településeken kívüli útpálya	300-400	1/3-1/4
	Közúti híd vagy csöves műtárgy (csőáteresz, bújrató stb.) belsőségek között	1-2	100-50
	Közúti híd vagy csöves műtárgy (csőáteresz, bújrató stb.) külterületen	1-3	50-33
Vasút	Egyéb műtárgyak (fenéklépcső, surrantó stb.)	3-4	33-25
	Személypályaudvar 10 000 utas/napnál nagyobb forgalommal	10-20	10-5
	Személypályaudvar 500-10 000 utas/nap forgalommal	20-25	5-4
	Személypályaudvar 500 utas/napnál kisebb forgalommal	25-33	4-3
	Teherpályaudvarok	33-50	3-2
	Vasúti híd belsőségekben	1/2-1	200-100
	Vasúti híd külterületen	1-2	100-50
Repülőtér	Egyéb műtárgyak	2-3	50-33
	Szilárd burkolattal ellátott futó-, guruló- és kezelőpályák	25-50	4-2
	Gyepburkolattal ellátott futó-, guruló- és kezelőpályák	50-100	2-1
Kis vízfolyások mederrendezése, vízmossás-kötés	Mellékterületek, amelyeken repülőforgalom lehetséges	100-200	1-1/2
	Városok belterülete, fontos honvédelmi létesítmények	1-4	100-25
	Városok külterülete, ipartelepek	10-20	10-5
	Falvak belsősége	20-33	5-3
	Kertek	100-200	1-1/2
	Szántóterület	200-300	1/2-1/3
	Legelőterület	300-400	1/3-1/4
	Rétterület	400-500	1/4-1/5

\* Az ismétlődési időből visszszámított, fiktív érték.

1. ábra: Az *i* fajlagos esővízhozam átlagos gyakorisági értékei a víztelenítés racionális számításához

6-4. táblázat. Az  $\alpha$  lefolyási tényező értéke sík terepen. ( $I \leq 5\%$ )

Belsőségek	
a) Tetőhéjazatok	
Bádogg- vagy palatető	0,95
Cserép- vagy szigetelőlemez tető	0,90
Facement tető	0,50–0,70
b) Útburkolatok	
Aszfaltburkolat és burkolt gyalogjáró	0,85–0,90
Bitumennel kiöntött kockakő burkolat	0,80–0,85
Kockakő burkolat hézagkiöntés nélkül	0,50–0,70
Idomított terméskő burkolat	0,40–0,50
Kavicsolt utak	0,15–0,30
c) Beépítettség foka	
Régi, sűrűn beépített belváros	0,70–1,00
Belvároshoz csatlakozó zárt sorú városrész	0,60–0,80
Pontházak	0,50–0,70
Villanegyed	0,30–0,50
Ipartelepek	0,40–0,50
Kertes családi házak	0,20–0,30
Sportpályák, pályaudvarok, játszóterek és kertes falusi lakótelepek	0,10–0,20
Parkok	0,05–0,10
Mezőgazdasági terület	
Művelési ág:	
Rét	0,15–0,30
Legelő	0,12–0,25
Szántó	0,08–0,20
Erdő	0,03–0,10
Vasúti terület	
Nagy személypályaudvarok	0,50–0,60
Teherpályaudvarok	0,10–0,20
Vasútállomások	0,20–0,30
Vasúti pálya	0,15–0,20

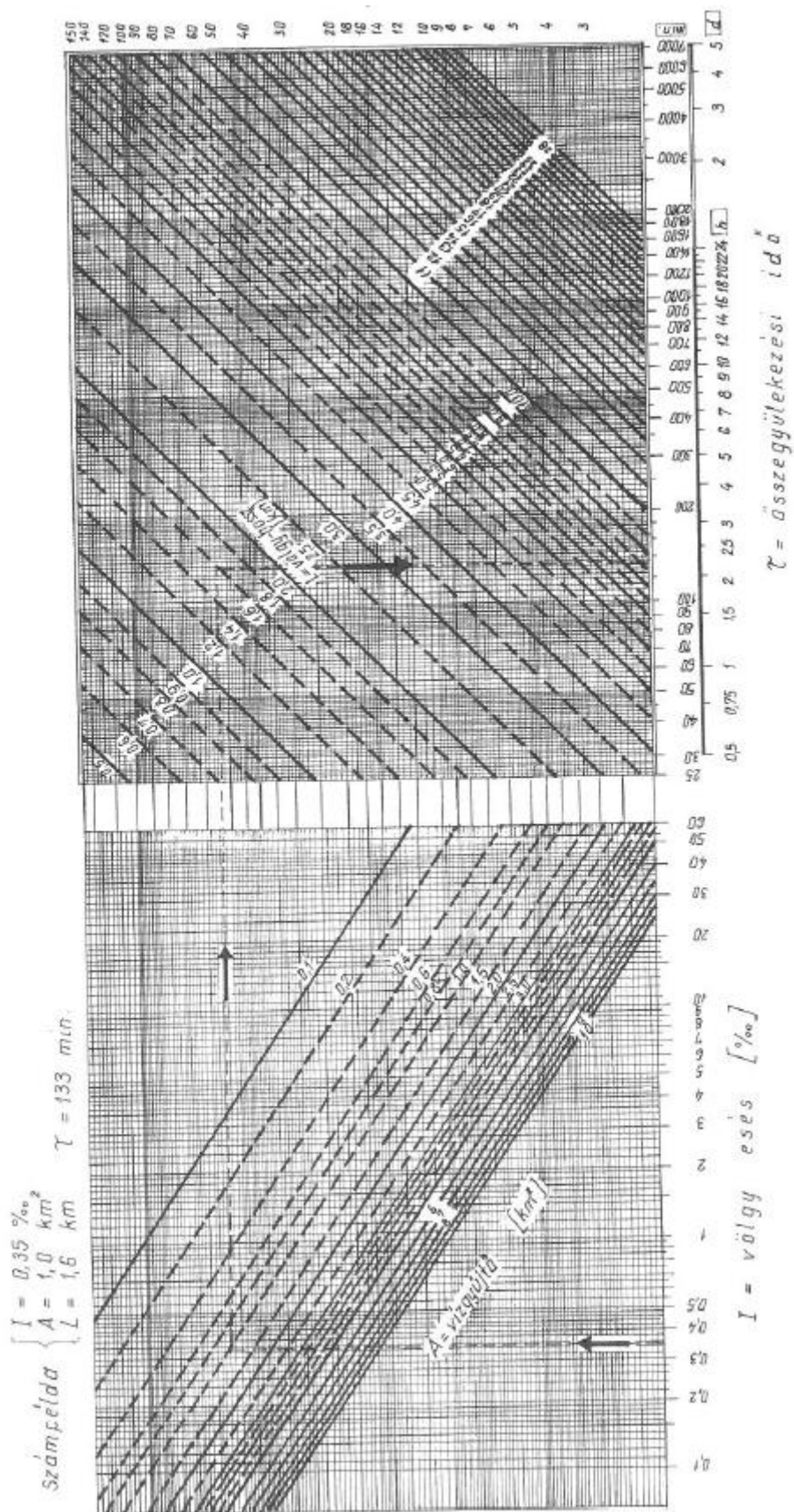
2. ábra: Az  $\alpha$  lefolyási tényező értéke sík terepen ( $I \leq 5\%$ )

Terepesés		Megnövelt lefolyási tényező $\alpha_n$
%-ban	hajlásszögben	
0-5,0	0-2° 50'	$\alpha$ -ra lásd a 6-4. táblázat értékeit
6,4	3° 41'	$0,9\alpha + 0,1$
7,9	4° 32'	$0,8\alpha + 0,2$
9,4	5° 23'	$0,7\alpha + 0,3$
10,9	6° 14'	$0,6\alpha + 0,4$
12,4	7° 5'	$0,5\alpha + 0,5$
13,9	7° 56'	$0,4\alpha + 0,6$
15,5	8° 47'	$0,3\alpha + 0,7$
17,0	9° 38'	$0,2\alpha + 0,8$
18,5	10° 29'	$0,1\alpha + 0,9$
20,0 és meredekebb	11° 20' és meredekebb	1,0

3. ábra: Az  $\alpha$  lefolyási tényező értékének növelése  $I > 5\%$  lejtés esetén

	A lefolyás az átlagos értékhez képest	
	növekszik	csökken
Ha a vízgyűjtő terület lejtői alakja tájékozása	meredek kerekded északi	enyhe hosszan elnyúló déli-délnyugati
Ha a felszín	sima, a lejtők irányában művelt, sekély termőrétegű, csupasz	hullámos teknőekkel teli, a szintvonalak irányában művelt, mélyen megművelt, benőtt
Ha a felszíni takaróréteg	vízzáró csekély vízkapacitású	vizet áteresztő sok vizet vesz fel
Ha a növénytakaró	gyér szárazságtűrő sekély gyökérszintű	dús vizigényes mély gyökérszintű
Ha a vízhálózat	sűrű	ritka
Ha a völgyfenék	szűk	széles
Ha a meder	nagy esésű mélyen beágyazott jó karban van	csekély esésű gyakran kiöntő elfajult, benőtt
Ha a talajvízszint	mélyen van	magas

4. ábra: A domborzat, a földtani viszonyok és a növényzet befolyásoló hatása a lefolyásra



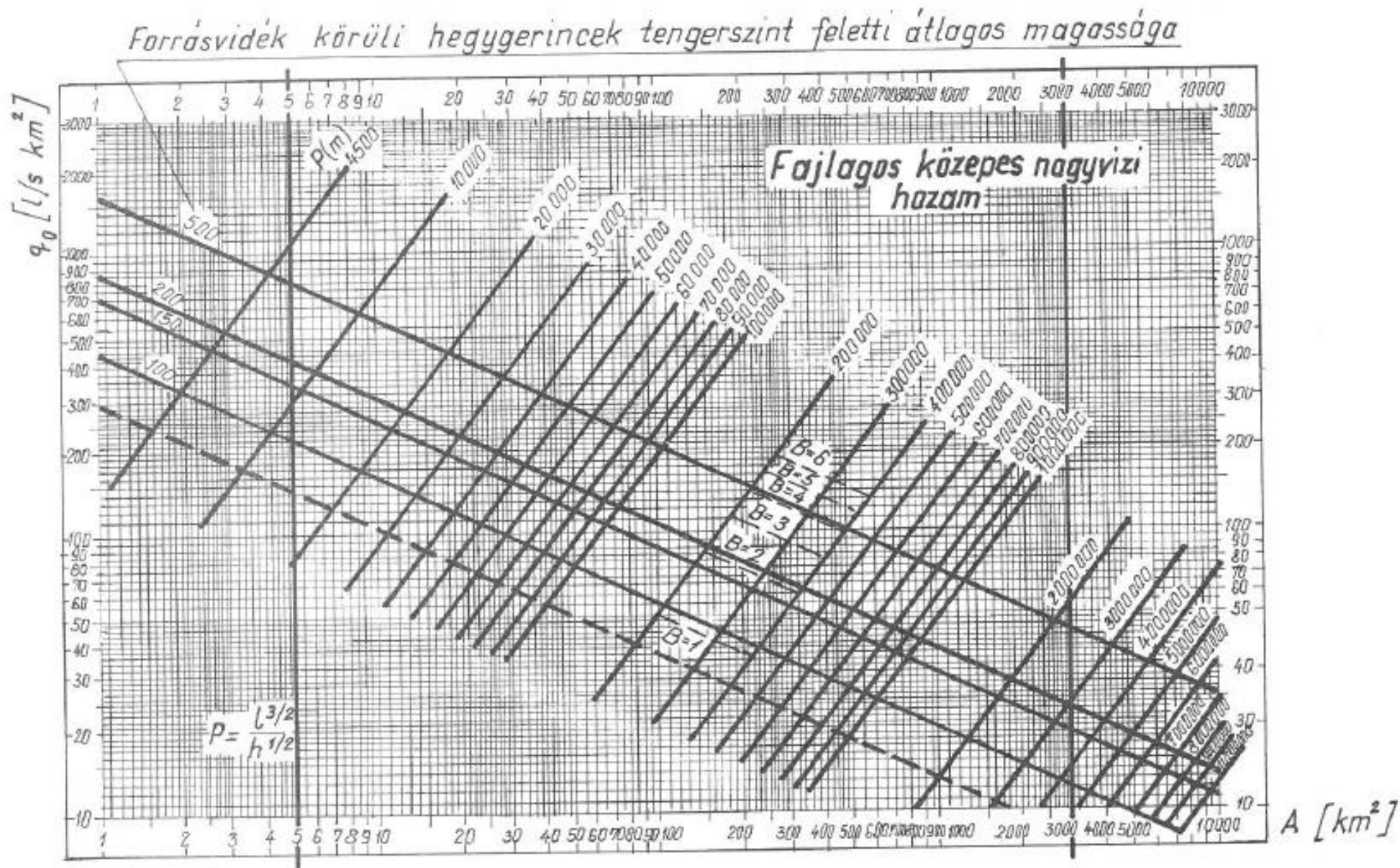
5. ábra: Az összegyűlekezési idő meghatározását segítő grafikon



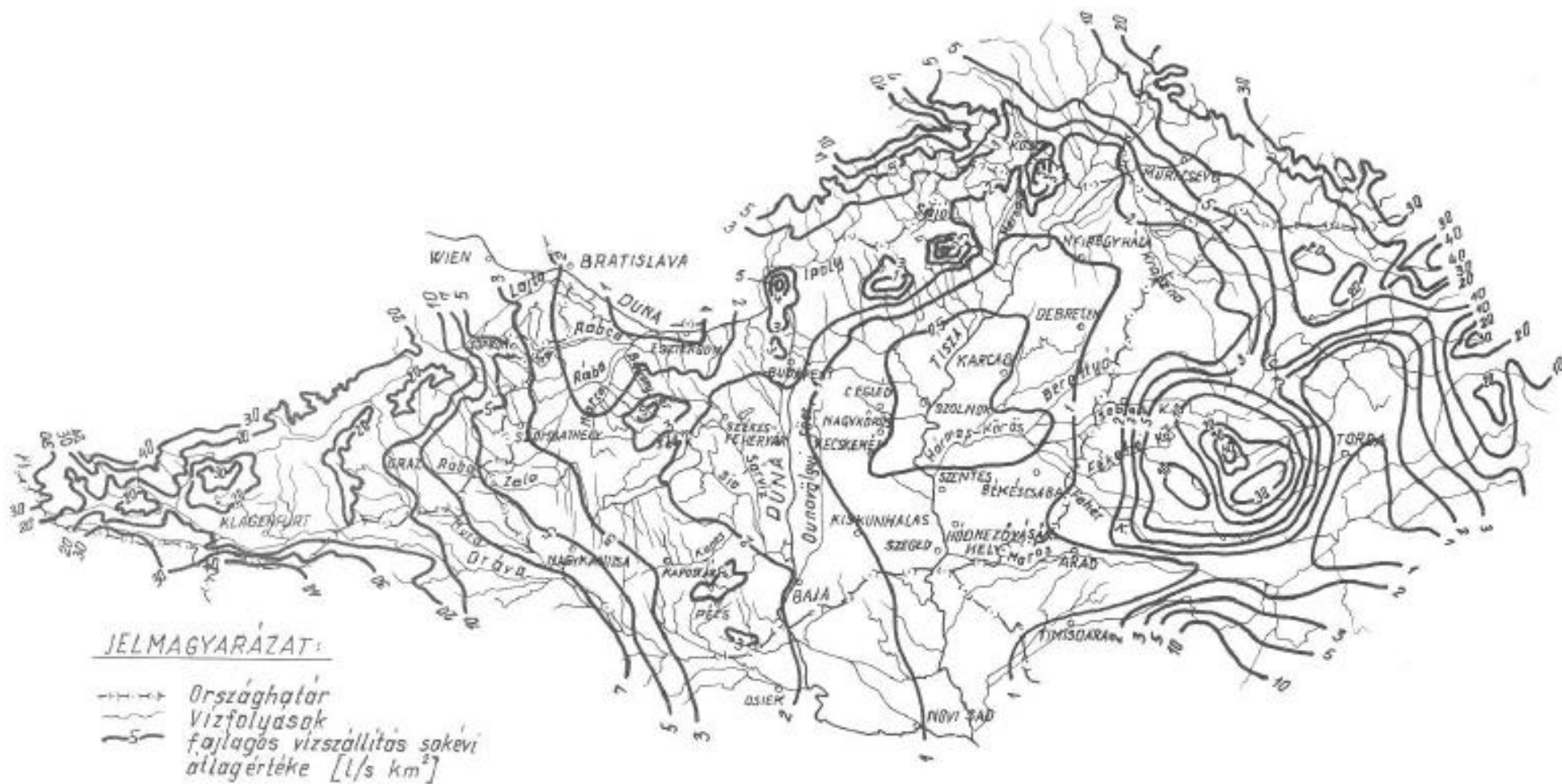
1. A lejtési viszonyok tényezői ( $\alpha_1$ )	
igen erős lejtőnél, ha az oldalak hajlása > 35%	0,22–0,30
közepes lejtőnél, ha az oldalak hajlása 11%–35%	0,12–0,20
szolid lejtőnél, ha az oldalak hajlása 3,5%–11%	0,06–0,10
sík vidéknél, ha az oldalak hajlása < 3,5%	0,01–0,05
2. Az átteresztőképesség tényezői ( $\alpha_2$ )	
igen vízzáró talajra	0,22–0,30
közepes átteresztő talajra	0,10–0,20
átteresztő talajra	0,06–0,10
igen átteresztő talajra	0,03–0,05
3. A növényvel való borítottság tényezői ( $\alpha_3$ )	
kopár sziklára	0,22–0,30
rétre és legelőre	0,17–0,25
feltört kultúrtalajra és erdőre	0,07–0,15
zárt erdőre, laza hordalékra, köves, homokos talajra	0,03–0,05

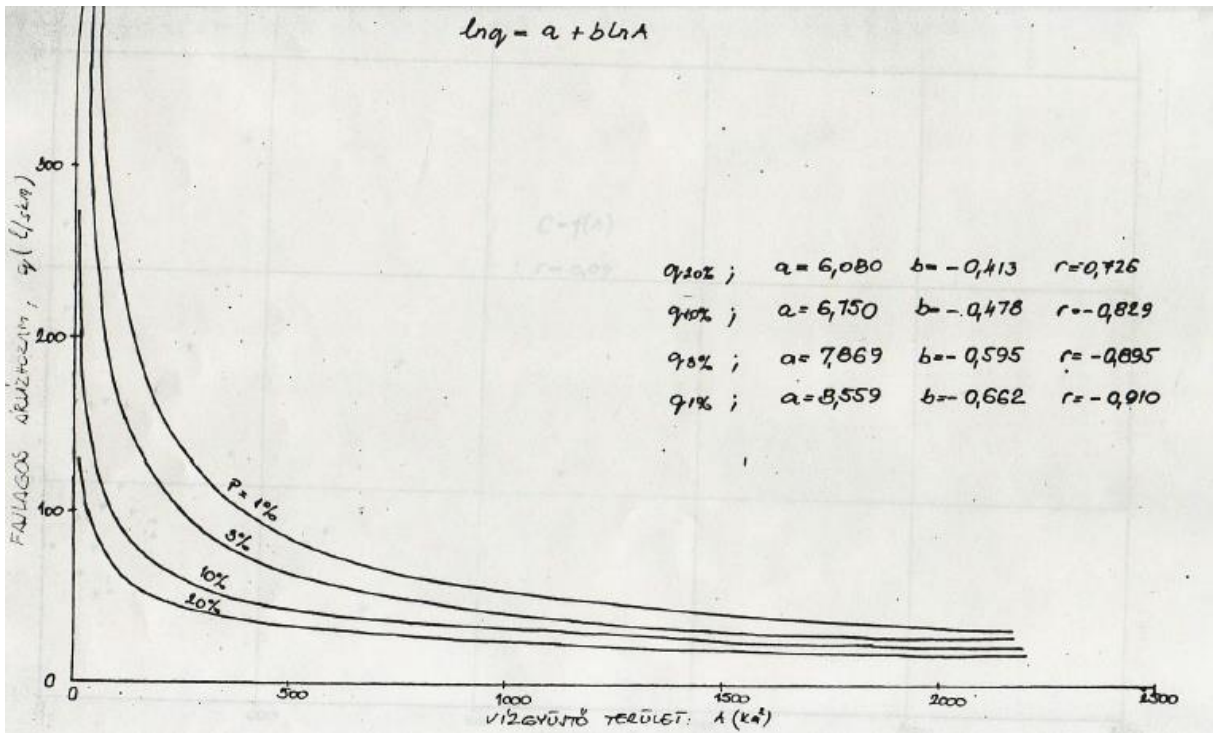
6. ábra: Az  $\alpha$  lefolyási tényező jellemző értékei

3. melléklet: A fajlagos közepes nagyvízhozam meghatározása a Kovács-Takács módszerben (Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)

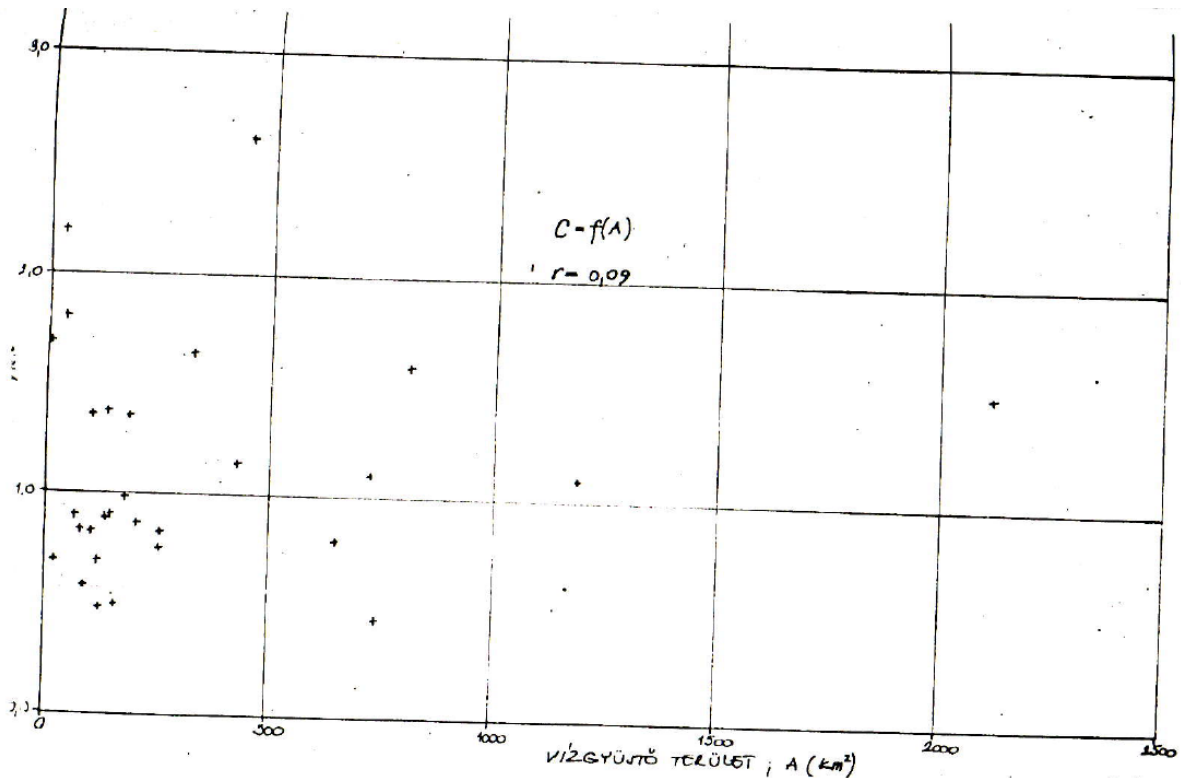


4. melléklet: Segédlet a Markó módszerhez (Forrás: Koris – Kontur – Winter, 1987)



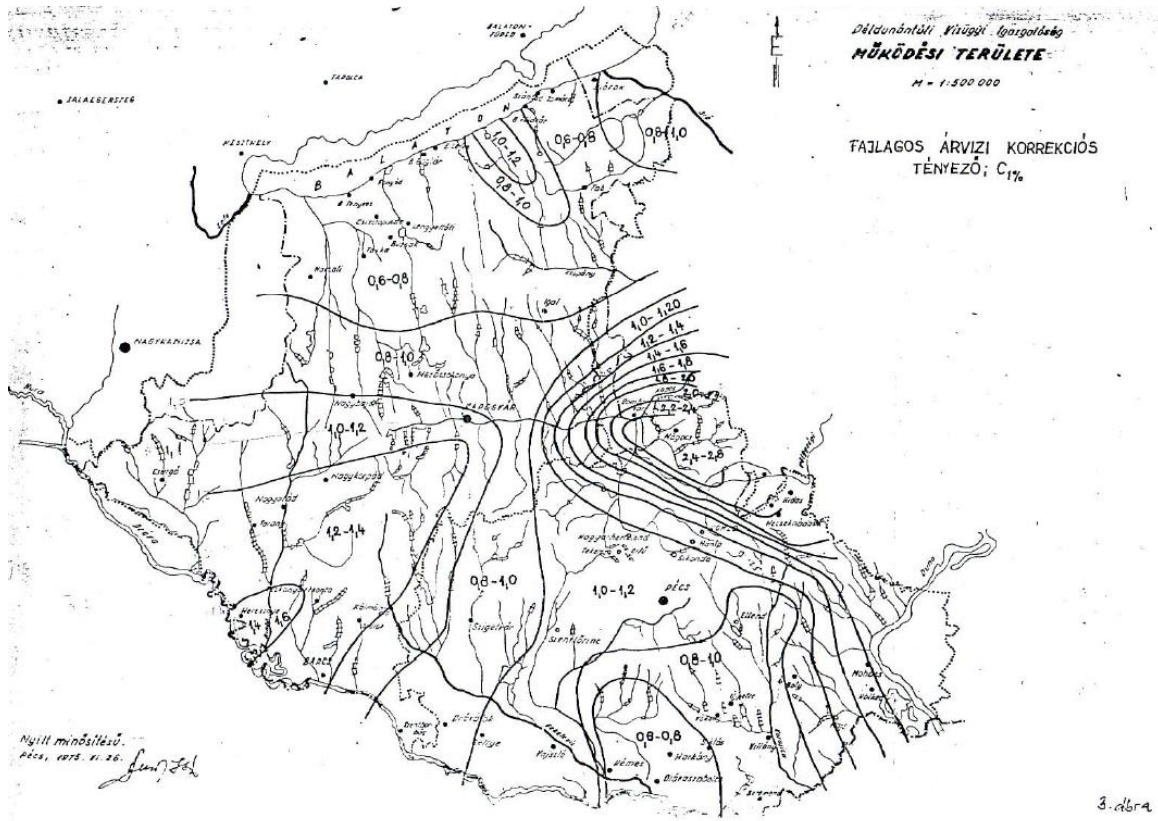


1. ábra: Korrelációs kapcsolatok

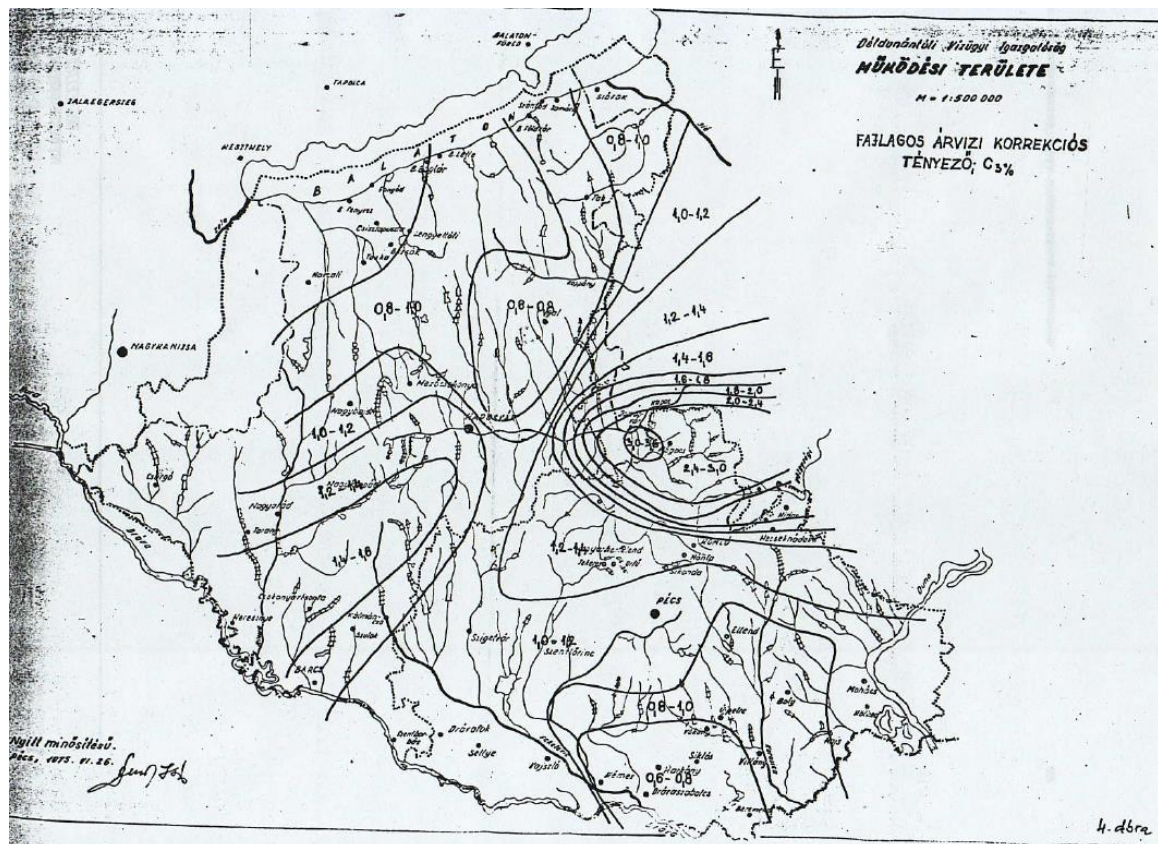


2. ábra: A  $C_{p\%}$  és a vízgyűjtőterület viszonya

5. melléklet: Segédletek az Eszéky-Virág módszerhez (Forrás: Beke – Eszéky – Virág, 1983)

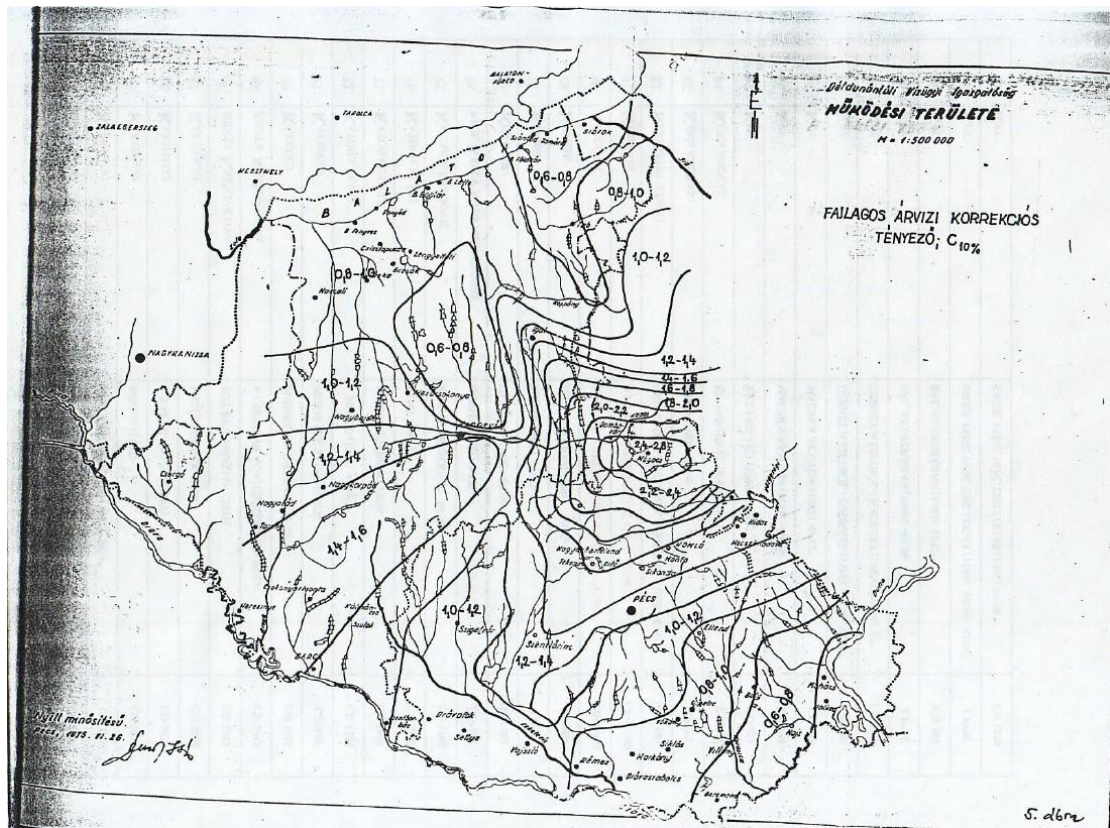


3. ábra: A  $C_{1\%}$  izovonalai

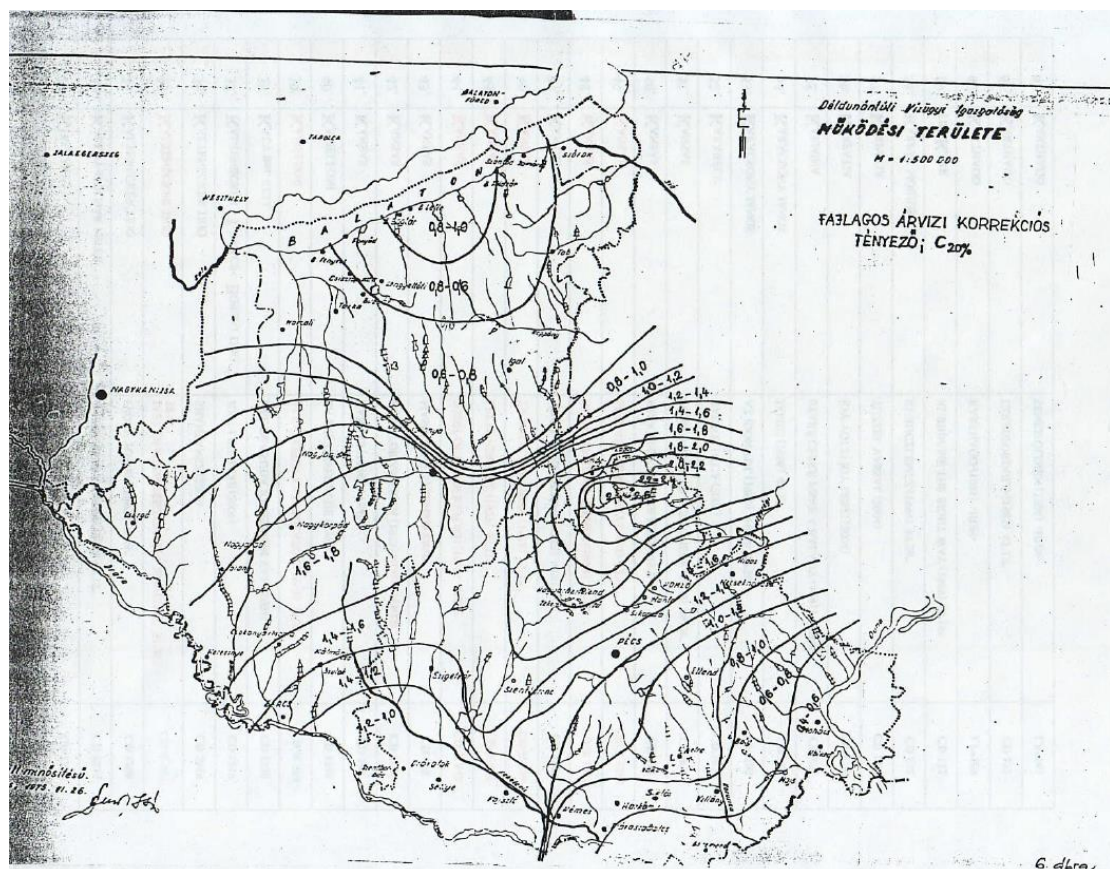


4. ábra: A  $C_{3\%}$  izovonalai

5. melléklet: Segédletek az Eszéky-Virág módszerhez (Forrás: Beke – Eszéky – Virág, 1983)



5. ábra: A C<sub>10%</sub> izovonalai



6. ábra: A C<sub>20%</sub> izovonalai

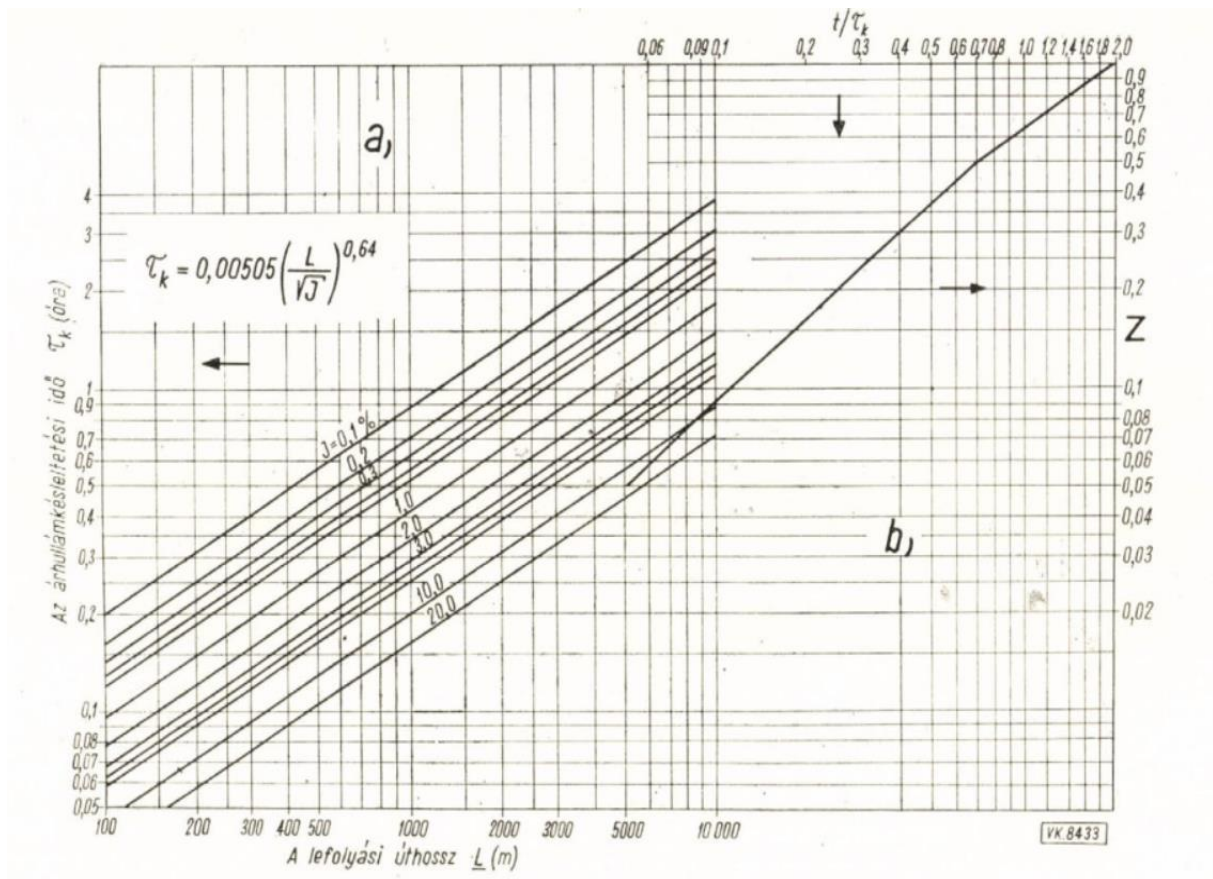
6. melléklet: Segédletek a Ven te Chow-Wisnovszky módszerhez (Forrás: Wisnovszky, 1968)

Felületi viszonyok	Művelési viszonyok	Talajtípus			
		A	B	C	D
Ugar, kopár felület		0,77	0,86	0,91	0,94
Szőlő, kapás-növények	Hagyományos művelés	0,70	0,80	0,87	0,90
	Szintvonalművelés	0,67	0,77	0,83	0,87
	Teraszolás	0,64	0,73	0,79	0,82
Gabonafajták	Hagyományos művelés	0,64	0,76	0,84	0,88
	Szintvonalművelés	0,62	0,74	0,82	0,85
	Teraszolás	0,60	0,71	0,79	0,82
Pillangósok és egyéb sűrű takarmánynövények	Hagyományos művelés	0,62	0,75	0,83	0,87
	Szintvonalművelés	0,60	0,72	0,81	0,84
	Teraszolás	0,57	0,70	0,78	0,82
Legelő	Ritka	0,68	0,79	0,86	0,82
	Közepes	0,49	0,69	0,73	0,84
	Kövér	0,39	0,61	0,74	0,80
	Szintvonal, ritka	0,47	0,67	0,81	0,88
	Szintvonal, közepes	0,25	0,59	0,75	0,83
	Szintvonal, kövér	0,06	0,35	0,70	0,79
Rét		0,30	0,58	0,71	0,78
Liget, facsoport Gyümölcsös	Ritka	0,45	0,66	0,77	0,83
	Közepes	0,36	0,60	0,73	0,79
	Sűrű	0,25	0,55	0,70	0,77
Gazdasági udvar, szérű		0,59	0,74	0,82	0,86
Dűlőutak	Ritkán járt	0,72	0,82	0,87	0,89
	Kemény felületű	0,74	0,84	0,90	0,92
Erdők	Nagyon ritka	0,56	0,75	0,86	0,91
	Ritka	0,46	0,68	0,78	0,84
	Közepes	0,36	0,60	0,70	0,76
	Sűrű	0,26	0,52	0,62	0,69
	Igen sűrű	0,15	0,44	0,54	0,61
Vízzáró felület		1,00	1,00	1,00	1,00

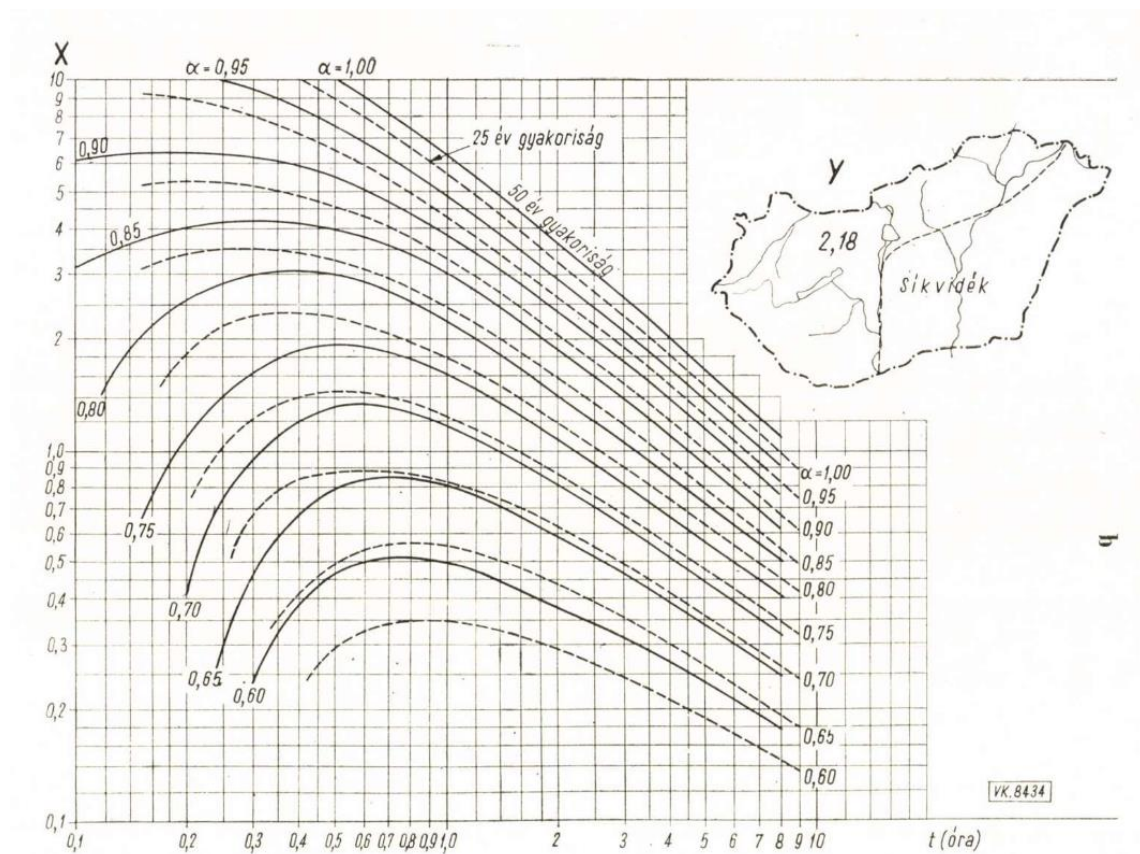
- A erősen vízáteresztő, laza talajok (laza homok, nagy vízfelvevőképességű lösz)
- B kevésbé átteresztő talajok (lösz, tömör homok, homokliszt, kis iszapmennyiségű talajok)
- C félig vízzáró talajok (iszapos homokliszt, homokliszt, homokos iszap, agyagos homok stb.)
- D vízzáró talajok (tömör iszap, agyag)

1. ábra: Az  $\alpha$  lefolyási tényező értékei, Ven te Chow nyomán

6. melléklet: Segédletek a Ven te Chow-Wisnovszky módszerhez (Forrás: Wisnovszky, 1968)

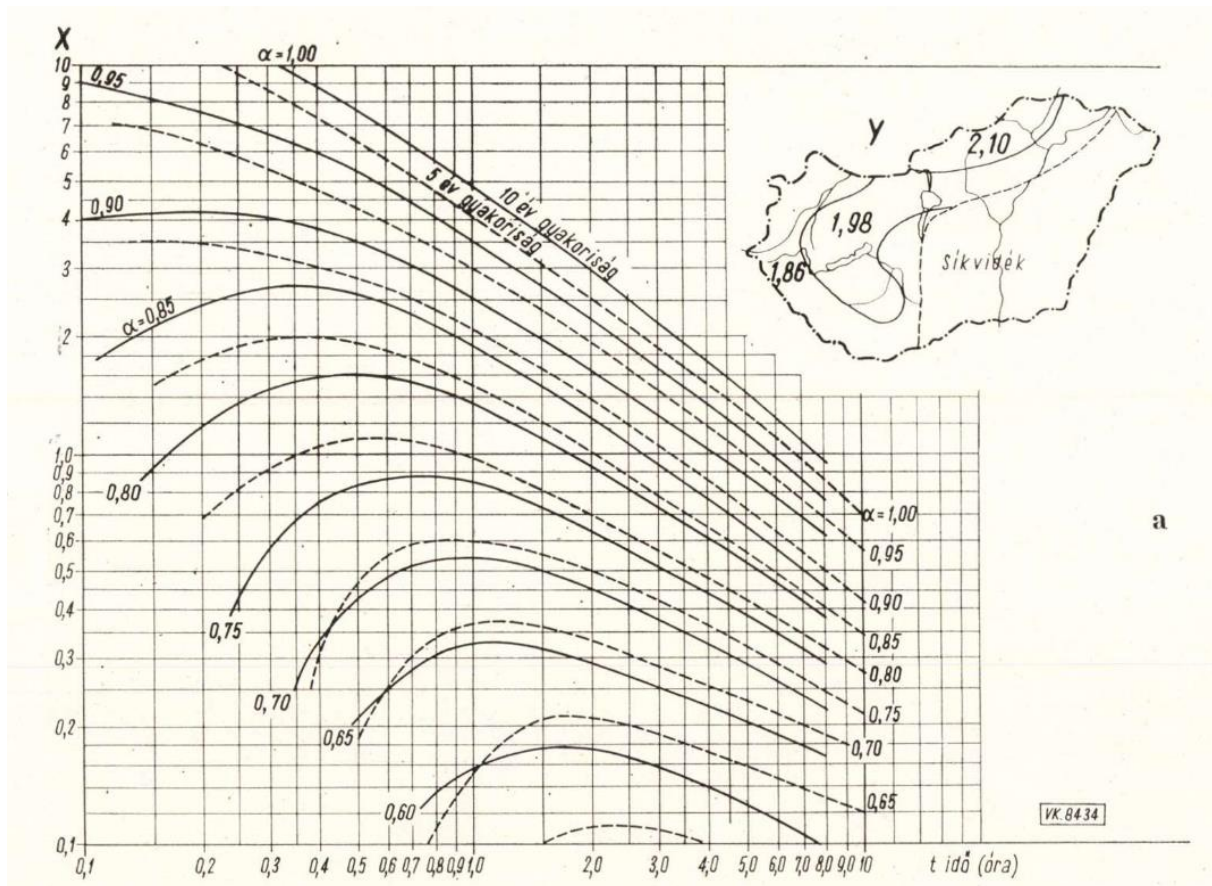


2. ábra: A csúcsreduktós tényező ( $Z$ ) és az árhullám késleltetési idő ( $\tau_k$ ) meghatározását segítő monogram



3. ábra: A lefolyási viszonyokat ( $X$ ) és a csapadékviszonyokat ( $Y$ ) kifejező tényezők meghatározását segítő monogram, 25 év és 50 év gyakoriság esetén





4. ábra: A lefolyási viszonyokat (X) és a csapadékviszonyokat (Y) kifejező tényezők meghatározását segítő monogram, 5 év és 10 év gyakoriság esetén

VIZÜGYI  
MŰSZAKI  
SEGÉDLET

RÖVIDIDEJŰ (10–180 perces) CSAPADÉKOK  
MEGHATÁROZÁSA

VMS  
201/1–77

G 70

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ  
(10–180 МИН.) ОСАДКОВ.

DETERMINATION OF PRECIPITATION OF SHORT  
DURATION (10–180 min).

A Műszaki Segédlet a különböző valószínűségű rövididejű csapadékok (záporok) meghatározásának módszerét tartalmazza a bel- és külterületi kis vízgyűjtők vízrendezési tervezéséhez és hidraulikai méretezéséhez.

Tartalom

1. Fogalmak értelmezése
  2. A mértékadó rövididejű csapadék időalapja
    - 2.1 A terepen való lefolyás idejének meghatározása
    - 2.2 A vízfolyásban való lefolyás idejének meghatározása
    - 2.3 Az összegyülekezési idő becslése
  3. Időben állandó mértékadó csapadékkintenzitás
  4. Időben változó mértékadó csapadékkintenzitás
  5. A záporcsapadék mennyisége
  6. Számpéldák
- A tárggyal kapcsolatos jogszabályok  
A tárggyal kapcsolatos szabályozási kiadványok  
A tárggyal kapcsolatos irodalom  
Melléklet

A Műszaki Segédlet jóváhagyásának időpontja:  
1977. október 19.

A közzététel időpontja:  
1978. február

## 1. FOGALMAK ÉRTELMEZÉSE

**Mértékadó időalap** az az érték, amely alatt hullott csapadékból valamely vízfolyás vizsgált szelvényében mértékadó vízhozam keletkezhet. Jelen segédlet az összegyülekezési időt tekinti mértékadó időalapnak.

**Összegyülekezési idő (t)** a vízgyűjtő legtávolabbi pontjától a vizsgált szelvényig való lefolyás időtartama. Kis vízgyűjtőkön, mértékadó csapadék okozta lefolyás esetén, az összegyülekezési időt két részdő, a terepen (beleértve a burkolatot és barázdát is) való lefolyási idő ( $t_1$ ) és a vízfolyásban (mederben vagy zárt csatornában) való lefolyási idő ( $t_2$ ) összege ( $t = t_1 + t_2$ ).

**Rövididejű csapadék** a legfeljebb 3 órán át hulló zápor.

A rövididejű csapadék intenzitása valószínűségi változó. A rövididejű csapadék intenzitása  $i$  (mm/h) vagy  $l/s \cdot ha$  csak a hozzá tartozó valószínűségi jellemzővel ( $p$ ) értelmezhető. A csapadék, mint valószínűségi változó, az előfordulási valószínűség (%) helyett értelmezhető még az átlagos visszatérési idővel is, ha a vizsgált csapadék-idősorok éves bázisidőszakra vonatkoznak, vagy arra árszámíthatók. A kétféle valószínűségi jellemző összefüggését az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Átlagos visszatérési idő (év)	Előfordulási valószínűség (%)
1	~99
2	50
4	25
10	10
20	5
33	3
50	2
100	~ 1

A valószínűségi jellemző a hidraulikai méretezés biztonsági mutatója.

A csapadék valószínűségi jellemzőjét az adott csapadékból keletkező hidraulikai igénybevétel valószínűségi jellemzésére is érvényesnek kell tekinteni. A  $p$  visszatérési idejű csapadékból  $p$  visszatérési idejű árhullám keletkezik. A hidraulikai méretezéshez általában az árhullám tetőző hozamának és tömegének az ismeretére van szükség. A hidraulikai méretezés eddigi gyakorlata az összegyülekezési időtartammal azonos idejű, térben és időben állandó  $i$  intenzitású csapadékkal számol, a gépi számítás alkalmazása már módot ad a változó intenzitású csapadékok figyelembevételére is.

## 2. A MÉRTÉKADÓ RÖVIDIDEJŰ CSAPADÉK IDŐALAPJA

### 2.1 A terepen való lefolyás idejének meghatározása

A terepen való lefolyás idejét ( $t_1$ -et) egyedi vizsgálat alapján vagy becsléssel kell meghatározni. A terepen való lefolyás közelítő ideje a következő összefüggésből határozható meg:

$$t_1 = 1,2 \left( \frac{n \cdot L}{\sqrt{J}} \right)^{0,5}, \quad (1)$$

ahol

- $t_1$  – a lefolyási idő a terepen (min),
- $n$  – a Manning-féle érdességi tényező,
- $L$  – a terepen mért lefolyási úthossz (m),
- $J$  – a terepen lefolyó víz útjának szakaszonként átlagolt lejtése (dimenzió nélkül)

Az (1) összefüggés legfeljebb 400 m úthossz esetén alkalmazható. A 400 m-nél hosszabb távon a lefolyó víz a terepen is annyira koncentrálódik, hogy azt már a mederbeni lefolyás hidraulikai módszerével kell vizsgálni. Az  $n$  érdességi tényező értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Lefolyási pálya	Érdességi tényező $n$
Szántó, szőlő	0,4–0,5
Erdő, rét, legelő	0,3–0,4
Gyepes park	0,2–0,3
Kőburkolat	0,15–0,25
Beton, aszfalt-burkolat	0,1–0,15

Becslés esetén a terepen való lefolyás idejére legalább 10 percet kell felvenni.

## 2.2 A vízfolyásban való lefolyás idejének meghatározása

A vízfolyásban való lefolyás idejét ( $t_2$ -öt) a nagyvízi vízszállítás középsebességeiből számított részidők szakaszonkénti összegezésével kell meghatározni:

$$t_2 = \frac{1}{60} \sum_{j=1}^N \frac{L_j}{v_{k_j}}, \quad (2)$$

ahol

- $t_2$  – a lefolyási idő a vízfolyás medrében (min),
- $L_j$  – a  $j$ -edik változatlan méretű és lejtésű mederszakasz hossza (m),
- $v_{k_j}$  – a  $j$ -edik változatlan méretű és lejtésű mederszakaszon előálló középsebesség mértékadó vízhozama esetén (m/s),
- $N$  – a mederszakaszok száma.

A középsebesség-értékek ( $v_{k_j}$ ) meghatározására trapéz szelvényű nyílt meder esetében az M.1. ábra nomogramja használható, zárt szelvélynél pedig az MI-10.167/3. 1.1 szakaszában előírt eljárás alkalmazható.

## 2.3 Az összegyülekezési idő becslése

Külterületi vizsgálatok esetében a terepen és a mederben való lefolyás idejét egyetlen közelítéssel a következő összefüggésből lehet kiszámítani:

$$t = \frac{L^2}{\sqrt{F \cdot J}}, \quad (3)$$

ahol

- $t$  – az összegyülekezési idő (min),
- $L$  – a leghosszabb lefolyási út hossza (km),
- $F$  – a vízgyűjtő területe (km<sup>2</sup>),
- $J$  – a leghosszabb lefolyási út átlagos lejtése (dimenzió nélkül).

Az összefüggés az 1–500 km<sup>2</sup> nagyságú vízgyűjtők esetén használható. A számítás meggyorsítására az M.2. ábrán levő grafikus segédlet alkalmazható.

### 3. IDŐBEN ÁLLANDÓ MÉRTÉKADÓ CSAPADÉKINTENZITÁS

A vizsgált vízgyűjtő terület összegyülekezési idejének (t-nek) ismeretében a p visszatérési idejű csapadék intenzitása a következő összefüggésből határozható meg:

$$i_p = a \cdot t^{-m}, \quad (4)$$

ahol

- $i_p$  – a p visszatérési idejű csapadék intenzitása (mm/h),
- a – a 10 perces időtartamú p visszatérési idejű zápor intenzitása (mm/h),
- t – az összegyülekezési idő 10 perces időegységben kifejezve (pl. 23 perc esetén  $t=2,3$ ),
- m – a hatványkitevő, értékei valószínűségi jellemzőként állandók a 3. táblázat szerint.

3. táblázat

Visszatérési idő p (év)	10 perces intenzitás a (mm/h)	Hatványkitevő m
1	47,8	0,69
2	73,0	0,71
4	97,0	0,72
10	131	0,72
20	158	0,73
33	180	0,74
50	202	0,74
100	238	0,75

A rövididejű csapadéktörvény (4) Magyarország egész területére érvényes. Időfüggvény értékeit a csapadékmagasság mm/h mértékegységében az M.3. ábrán, míg a fajlagos vízmennyiség l/s · ha mértékegységében az M.4. ábra tartalmazza.

A hidraulikai méretezéshez a p mértékadó visszatérési időt az erre vonatkozó előírások szerint kell figyelembe venni.

### 4. IDŐBEN VÁLTOZÓ MÉRTÉKADÓ CSAPADÉKINTENZITÁS

Az időben változó csapadékintenzitás figyelembevétele lehetővé teszi a keletkező árhullám alakjának, ezen belül tetőző hozamának pontosabb meghatározását, de a csapadékból eredő lefolyás számításának módszerbeli megbízhatóságát nem fokozza.

A csapadék intenzitásának időbeni változását a gépi számításoknál célszerű figyelembe venni, ha az összegyülekezési idő (t) legfeljebb 100 perc.

Az időben változó intenzitású, p visszatérési idejű csapadék maximális intenzitása hazai vizsgálatok szerint általában az összegyülekezési idő 0,35-öd részében következik be. Az intenzitás maximális értékének megjelenéséig (0,35 t-ig) lehullott csapadék az előkészítő csapadék.

Az időben változó és különböző visszatérési idejű záporcsapadék időfüggvényeit az M.5., M.6. és M. 7. ábrák tartalmazzák. Az ábrákon az intenzitáslépcsők 5, illetve 10 percenként változnak. Az ábrákon levő időfüggvényeknél az 5 percnél rövidebb idők csak bemutatásra szolgálnak.

Azonos összegyülekezési idő és vízgyűjtőterület esetében az időben változó intenzitású csapadék mennyisége azonos az időben állandó intenzitású csapadék mennyiségével.

## 5. A ZÁPORCSAPADÉK MENNYISÉGE

A különféle előfordulási visszatérési idejű záporok során lehullott csapadékmennyiségek az M.8 ábra alapján határozhatók meg.

A hazai záporcsapadékok területi kiterjedését ábrázoló görbéket az M.9. ábra tünteti fel. A görbék alapján meghatározható, hogy a pontszerű csapadékhoz, annak százalékában mekkora átlagos területi csapadékmagasság tartozik.

A csapadék területi átlagértéke valószínűségi változó. A rövid időtartamú záporcsapadékok területi eloszlásának valószínűségi törvényeit még nem tárták fel. Az M.9. ábráról leolvasható értékek az évenként átlagosan egyszer előforduló értékeknek tekinthetők.

Az M.9. ábrán levő területi csapadék átlaggörbék alapján meghatározott értékeket úgy kell alkalmazni, hogy az M.8. ábráról leolvasott csapadékmennyiséget kell pontszerű értékek, vagyis 100%-nak tekinteni. Meg kell keresni a vizsgált területhez, valamint a kiválasztott csapadék időtartamhoz tartozó százaléktérteket és a pontszerű csapadéktérteket redukálni kell a keresett százaléktértekre.

## 6. SZÁMPÉLDÁK

### 6.1 Azonos összegyülekezési időhöz tartozó mértékadó csapadék állandó és változó intenzitásának számítása

6.11 *Feladat:* Meg kell határozni egy város belterületére hulló egyéves visszatérési idejű csapadék intenzitását egy meghatározott vizsgálati pontra vonatkoztatva.

6.12 *A számításhoz szükséges:* 2. táblázat, valamint M.5., és M.3. ábra.

6.13 *A terepen való lefolyás részidejének számítása.*

A vízgyűjtő terület leghosszabb lefolyási útjából 80 m rétművelésű terepen halad:

$$L_1 = 80 \text{ m}$$

Ezen a terepszakaszon a víz útjának átlagos lejtése  $20^0/_{100}$ :

$$J_1 = 0,02$$

A terepen folyó víz számítása vehető érdességi tényezője a 2. táblázat szerint:

$$n_1 = 0,3$$

A terepen való lefolyás ideje az (1) összefüggés szerint:

$$t_1 = 1,2 \left( \frac{0,3 \cdot 80}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,5} = 16 \text{ perc.}$$

6.14 *A mederben való lefolyás idejének számítása*

A mederben lefolyó víz levonulási idejét a mederszakaszok hosszából és a szakaszonkénti középsebességből kell kiszámítani.

## A mederszakaszok adatai:

Hosszak (m)	Középsébségek (m/s)	Lefolyási idők (s)
$L_{21} = 60$	$v_{k1} = 2,2$	27
$L_{22} = 110$	$v_{k2} = 1,9$	58
$L_{23} = 160$	$v_{k3} = 1,8$	89
$L_{24} = 90$	$v_{k4} = 1,4$	64
$\sum_{j=1}^4 L_{2j} = 420$		$\sum_{j=1}^4 \frac{\sqrt{L_{2j}}}{v_{kj}} = 238$

A mederben való lefolyás ideje a (2) összefüggés szerint:

$$t_2 = \frac{238}{60} \cong 4 \text{ perc}$$

6.15 Az összegyülekezési idő:

$$t = 16 + 4 = 20 \text{ perc}$$

Az előkészítő csapadék ideje:

$$t_e = 0,35 \cdot 20 = 7 \text{ perc}$$

6.16 Az M.5. ábráról leolvasható az egyéves visszatérési idejű csapadékontenzitás idősora:

t (min)	$i_1$ év (mm/h)	t (min)	$i_1$ év (mm/h)
1	12,7	11	18,2
2	12,7	12	18,2
3	12,7	13	18,2
4	12,7	14	18,2
5	77,5	15	10,4
6	77,5	16	10,4
7	77,5	17	10,4
8	77,5	18	10,4
9	77,5	19	10,4
10	18,2	20	8,0

$$\sum_{j=1}^{20} i_j = 589,3 \text{ mm/h.}$$

Minden olyan esetben, amikor az összegyülekezési idő rövidebb három óránál, ezt az eljárást kell követni.

6.17 Az időben változó záporintenzitás átlagos értéke az előző idősről:

$$i_{1 \text{ év}} = \frac{\sum_{j=1}^{20} i_j}{20} = \frac{589,3}{20} = 29,5 \text{ mm/h.}$$

Ellenőrzésként az M.3. ábráról leolvasva az időben állandó, egyéves visszatérési idejű 20 perces csapadék-intenzitás:

$$i_{1 \text{ év}} = 29,7 \text{ mm/h.}$$

Ez az érték gyakorlatilag megegyezik a 20 perces időben változó intenzitású záporcsapadék átlagértékével. Ennek az egyenlőségnek minden helyesen végzett számításnál meg kell lennie.

6.2 Az összegyülekezési idő becslése

6.21 A számításhoz szükséges: M.2. ábra.

6.22 Alapadatok:

- a vízgyűjtő területe  $F = 9,2 \text{ km}^2$ ,
- a leghosszabb lefolyási út hossza  $L = 3,5 \text{ km}$ ,
- leghosszabb lefolyási út átlagos lejtése  $J = 3^0/00 = 0,003$ .

6.23 A terepen és a mederben való lefolyás idejének meghatározása a (3) összefüggésből:

$$t = \frac{3,5^2}{\sqrt{9,2 \cdot 0,003}} = 74 \text{ perc}$$

Ellenőrzésként az M.2. ábráról leolvasva az összegyülekezési idő:

$$t = 74 \text{ perc.}$$

A továbbiakban a mértékadó csapadék számítása megegyezik az előző példában alkalmazott módszerrel.

6.3 A záporcsapadék mennyiségének meghatározása, egyenletes csapadékeloszlás feltételezésével

6.31 *Feladat:* Meghatározandó

$$F = 182 \text{ ha}$$

nagyságú területre a két év átlagos visszatérési idejű 70 perces zápor során lehulló csapadék mennyisége.

6.32 A számításhoz szükséges: M. 8. ábra.

6.33 Az M.8. ábra segítségével meghatározható, hogy a 70 perces, kétéves visszatérési idejű zápor során lehullott csapadék magassága

$$21,5 \text{ mm.}$$

Ennek egységnyi területre jutó mennyisége

$$215 \text{ m}^3/\text{ha.}$$

Az  $F = 182 \text{ ha}$  nagyságú vízgyűjtő területen ez összesen:

$$V = 182 \cdot 215 = 39 \text{ 130 m}^3$$

víz mennyiséget jelent.



A záporcsapadék egyenlőtlen eloszlása a példa kidolgozása során nem lett figyelembe véve, mivel a területi eloszlás okozta átlagsökkenés jelentéktelen.

- 6.4 A záporcsapadék mennyiségének meghatározása a csapadék területi eloszlásának figyelembevételével
- 6.41 *Feladat:* Meg kell határozni az egy év átlagos visszatérési idejű 30 perces zápor során lehulló csapadék mennyiségét az  $F = 1500$  ha területen, feltételezve, hogy csak a zápor középpontjában, vagyis a vízgyűjtő terület mértani középpontjával közel egybeesően hullik le a pontszerű csapadékmaximum.
- 6.42 A számításhoz szükséges: M.8. és M. 9. ábra.
- 6.43 Az M.8. ábráról leolvasva a csapadékmagasság pontszerű maximuma

$$C_{\max} = 11,6 \text{ mm.}$$

Az M.9. ábráról leolvasva a 30 perces csapadék 1500 ha nagyságú területi átlaga a pontszerű csapadékra vonatkoztatva:

$$0,905\%.$$

A területre hulló csapadék magasságának átlagértéke:

$$C_{\text{átl}} = 0,905 \cdot 11,6 = 10,5 \text{ mm.}$$

Így az egységnyi területre hulló csapadék mennyisége

$$105 \text{ m}^3/\text{ha}$$

a vízgyűjtő területre hullott csapadék mennyisége

$$V = 1500 \cdot 105 = 157\,500 \text{ m}^3.$$

#### A tárgyjal kapcsolatos jogszabályok

28/1965. (V. É. 20.) OVF-KPM sz. együttes utasítás a hidak és az áterezsek tervezésénél és kivitelezésénél vízügyi és hajózási érdekekből irányadó előírásokról.

1/1973. (III. 30. OVH sz. rendelkezés az Országos Vízgazdálkodási Szabályzat közzétételéről.

#### A tárgyjal kapcsolatos szabályozási kiadványok

Közcsatornák tervezése. A hálózatot terhelő fajlagos vízmennyiségek	MI-10.167/2
–. Hidraulikus méretezés	MI-10.167/3
Hegy- és dombvidéki vízrendezés. Vízfolyásrendezés	VMS 113
Az esőből keletkező árhullámok jellemzőinek meghatározása. Általános ismertetés	VMS 200/1
–. A tetőző vízhozam becslése árvízi tényező alapján	VMS 200/2
–. A tetőző vízhozam számítása összegyülekezési idő alapján	VMS 200/3*
–. Az esőből keletkező árhullámkép jellemzőinek meghatározása	VMS 200/4*
–. A tetőző vízhozam becslése egyéb módszerekkel	VMS 200/5
–. Árvízi jellemzők becslése (több paraméteres és egységnyi árhullámkép módszer)	VMS 200/6

\* Kidolgozás alatt

- . Különböző valószínűségű tetőző vízhozamok számítása rövid vízhozamadatsor alapján, az összes észlelt árhullámból VMS 200/7\*
- . Különböző valószínűségű tetőző vízhozamok számítása hosszú vízhozamadatsor alapján, szélső értékek eloszlás-függvényével VMS 200/8\*
- . A 3-24 óra időtartamig terjedő csapadékok és a belőlük keletkező vízhozamok meghatározása VMS 201/2\*

#### A tárgyjal kapcsolatos irodalom

*S., Dyck: Angewandte Hydrologie, 1976.*

*Péczely Gy.: Mértékadó csapadékmaximumok terület-idő függvényei Magyarországon. Vízügyi Közlemények, 1974. 1. sz.*

*Péczely Gy. - Salamin P. - Winter J.: A rövid időtartamú, nagy intenzitású esők törvényeinek vizsgálatáról. BME VVI szakvéleménye, 1973.*

*Wisnovszky I.: Az összegyülekezési idő számítása. Hidrológiai Közöny, 1958. 8. sz.*

*Wisnovszky I.: Időben változó záporcsapadék idősora Magyarországon. Kézirat, 1976.*

\* Kidolgozás alatt.

A műszaki segédlet alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy nem jelent-e meg helyesbítése, módosítása, kiegészítése vagy visszavonása, mert a műszaki segédleteket a kibocsátója a műszaki haladásnak megfelelően időnként átdolgozza. A műszaki segédlet érvényességében beálló minden változást az OVH Vízgazdálkodás-fejlesztési Főosztálya a Vízügyi Értesítőben hirdeti meg.

A gyakorlati tapasztalatok alapján ajánlatosnak látszó helyesbítő, módosító indítványokat, észrevételeket, megfelelő indoklással az OVH Vízgazdálkodás-fejlesztési Főosztályához (1011 Budapest, Fő utca 48-50.) célszerű benyújtani.

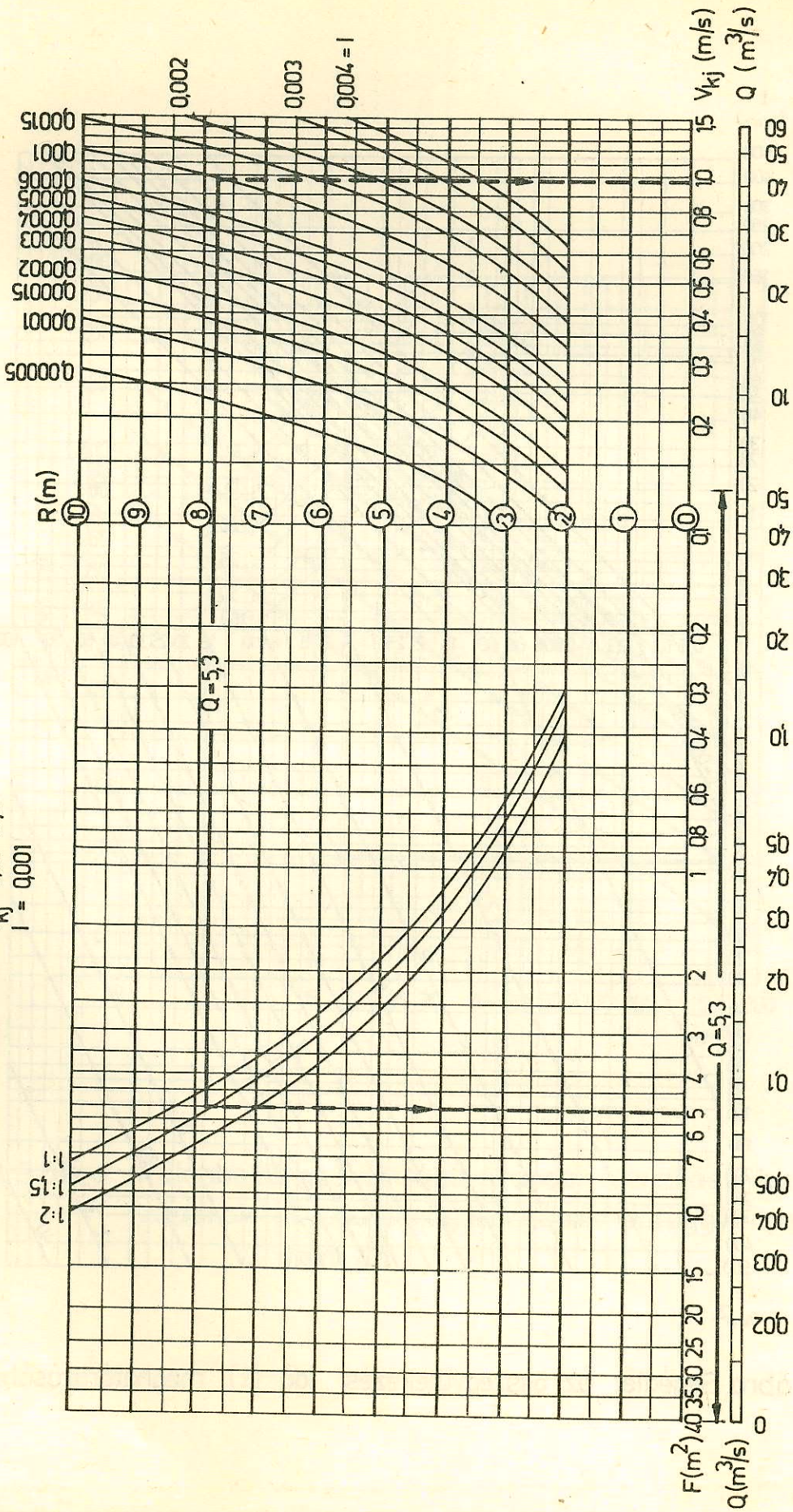
A műszaki segédletek beszerezhetők: Szabványbolt (1051 Budapest, Szent István tér 4.)

## MELLÉKLET

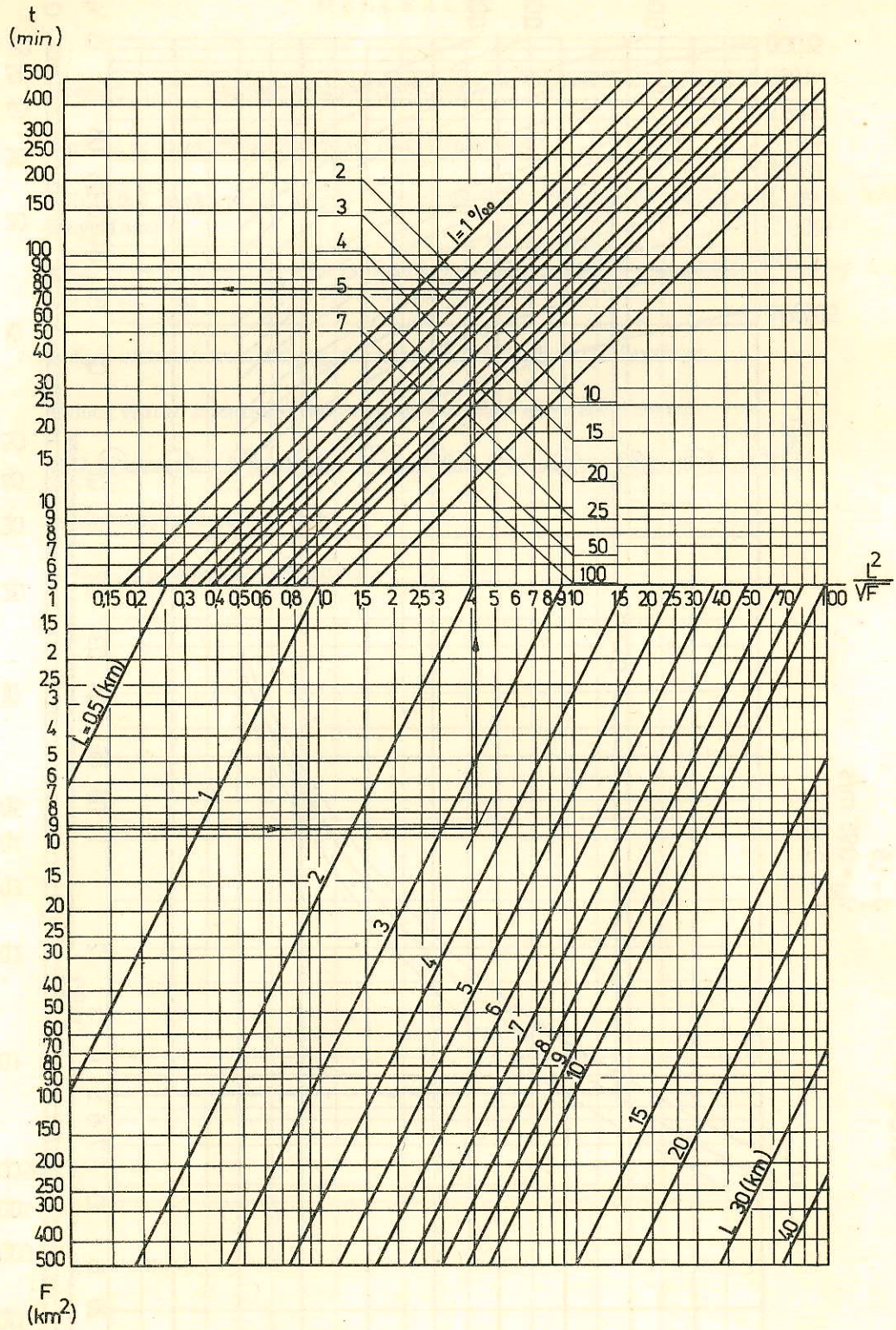
- M. 1. ábra Nomogram a  $v_{kj}$  középsebesség meghatározásához
- M. 2. ábra Segédlet az összegyülekezési idő (t) meghatározásához
- M. 3. ábra Különböző gyakoriságú, állandó intenzitású hazai záporok csapadékmagasságának időfüggvényei (mm/h)
- M. 4. ábra Különböző gyakoriságú, állandó intenzitású hazai záporok csapadékmennyiségének időfüggvényei (l/s · ha)
- M. 5. ábra Időben változó intenzitású, egy év visszatérési idejű zápor időfüggvénye
- M. 6. ábra Időben változó intenzitású, két év visszatérési idejű zápor időfüggvénye
- M. 7. ábra Időben változó intenzitású, négy év visszatérési idejű zápor időfüggvénye
- M. 8. ábra A záporcsapadék-mennyiségek
- M. 9. ábra A hazai csapadékok területi átlaga

Pelda :

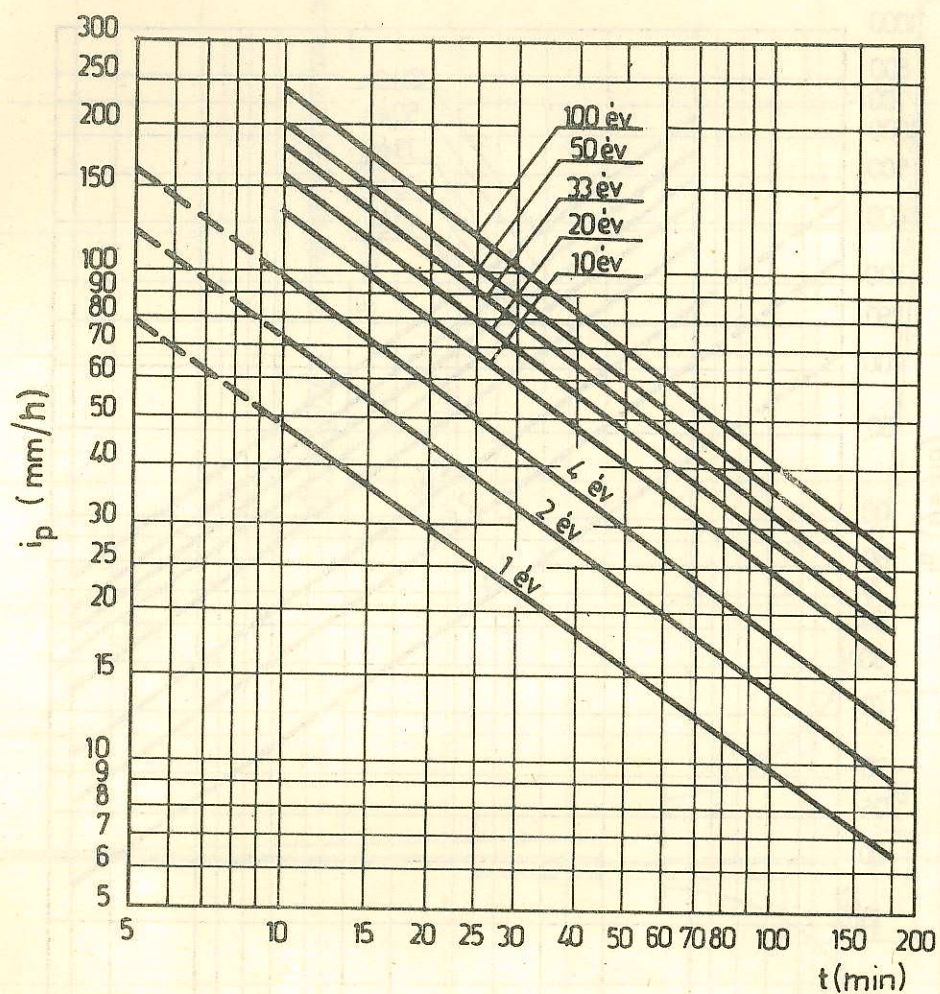
$Q = 53 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $R = 78 \text{ m}$   
 $g = 1.5$   
 $V_{kj} = 0.98 \text{ m/s}$   
 $l = 0.001$



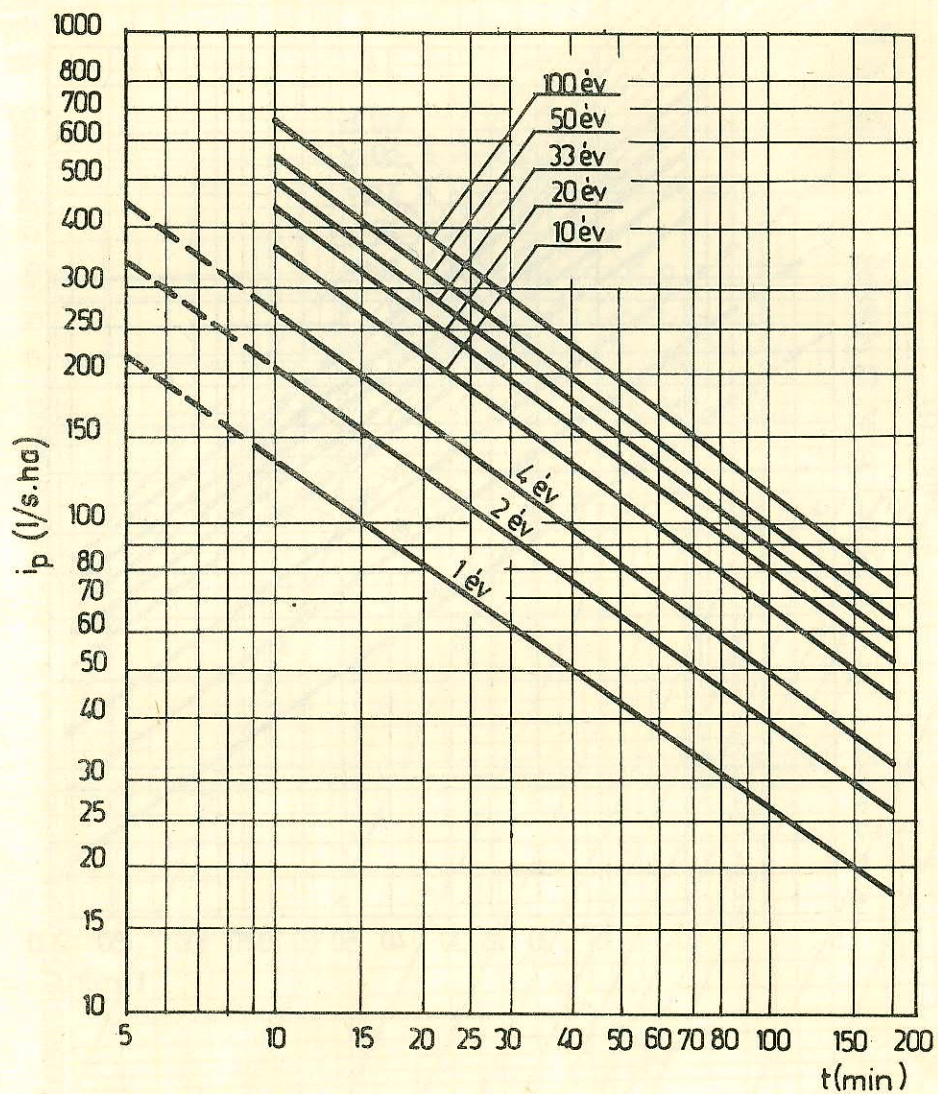
M.1. ábra. Nomogram a  $v_{kj}$  közepesség meghatározásához



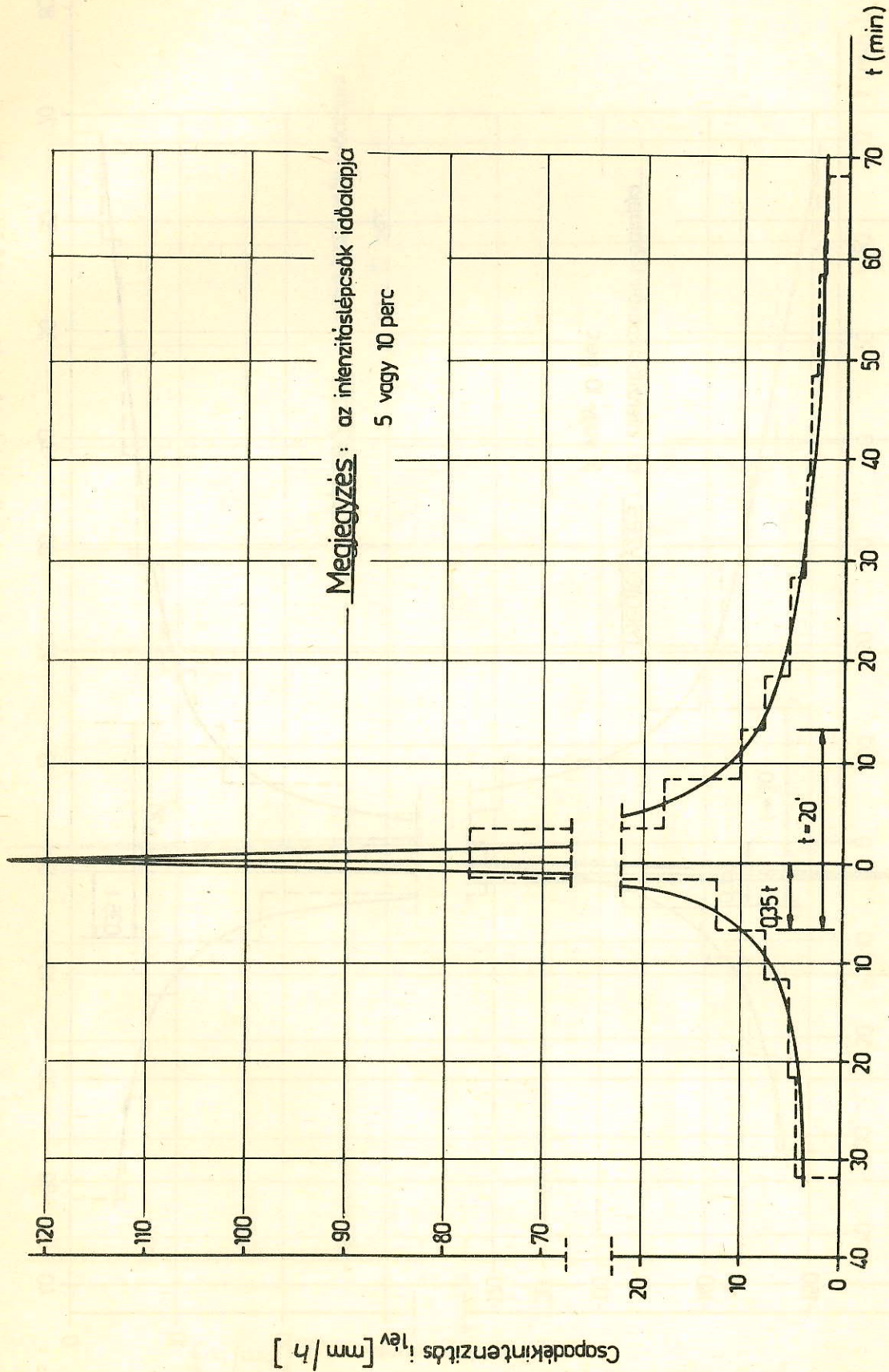
M.2. ábra. Segédlet az összegyülekezési idő (t) meghatározásához



M. 3. ábra. Különböző gyakoriságú, állandó intenzitású hazai záporok csapadékmagasságának időfüggvényei (mm / h)

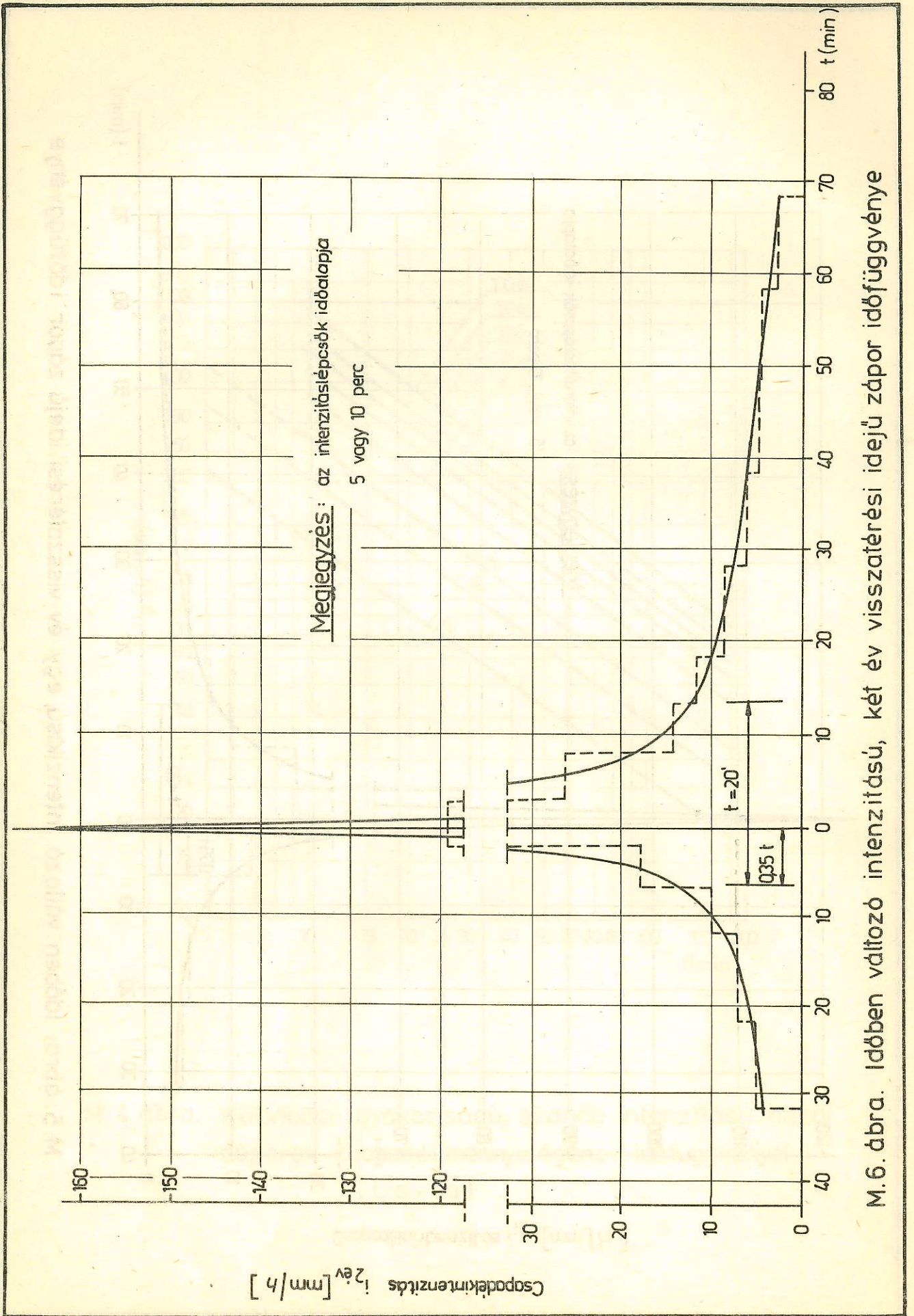


M. 4. ábra. Különböző gyakoriságú, állandó intenzitású hazai záporok csapadékmennyiségének időfüggvényei (l/s · ha)

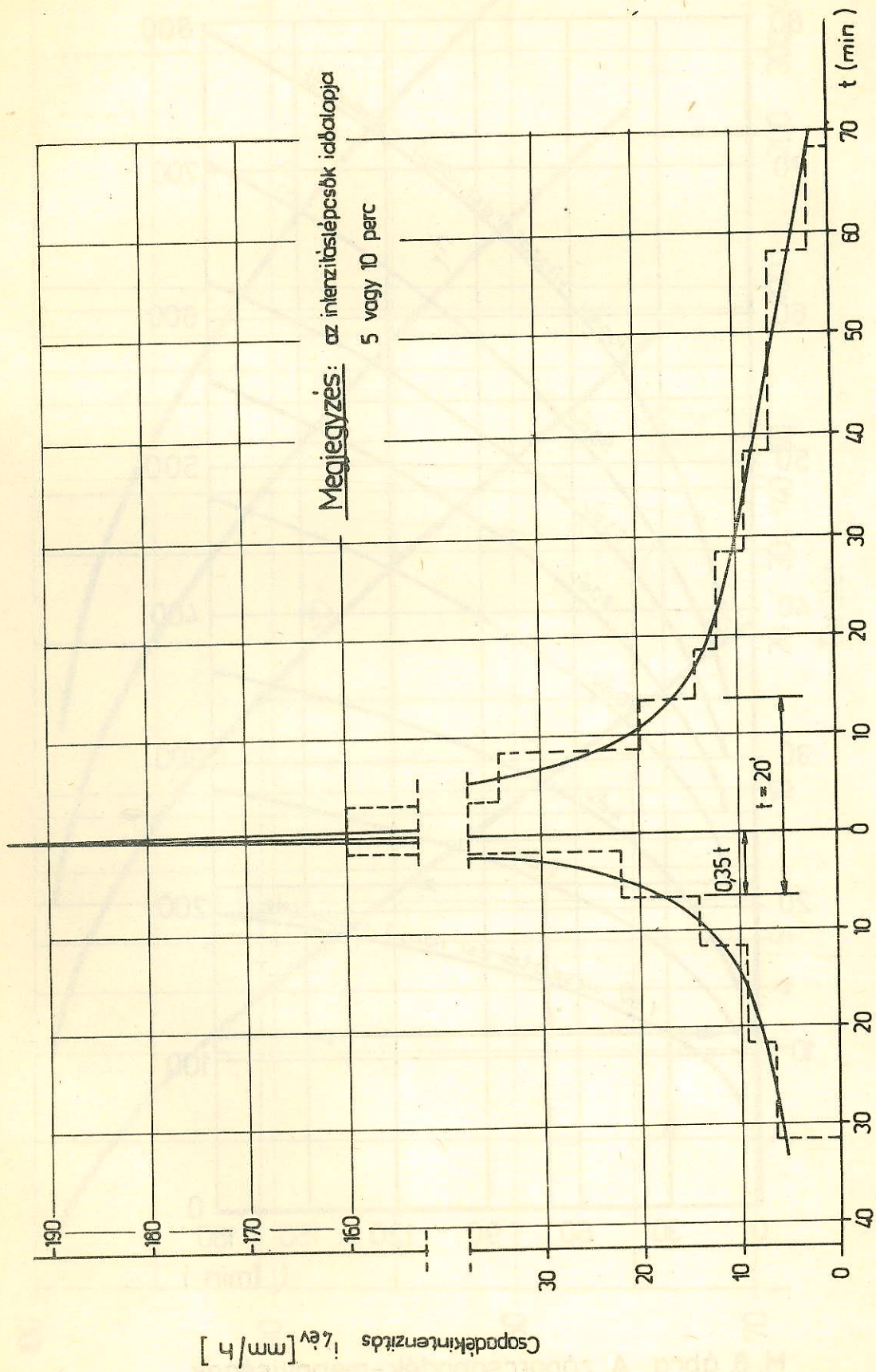


M.5. ábra. Iddőben változó intenzitású, egy év visszatérési idejű zápor időfüggvénye



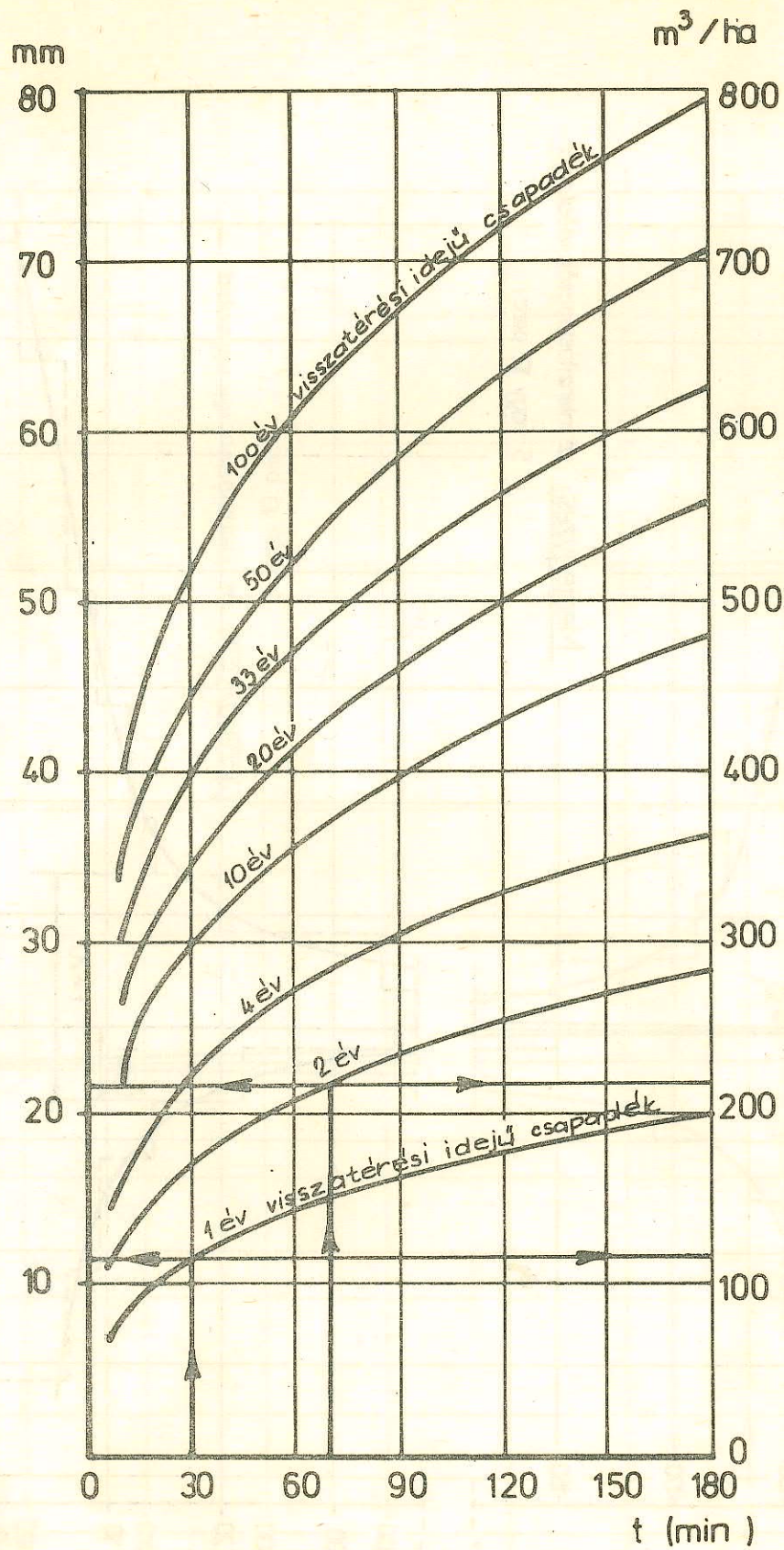


M.6. ábra. Időben változó intenzitású, két év visszatérési idejű zápor időfüggvénye

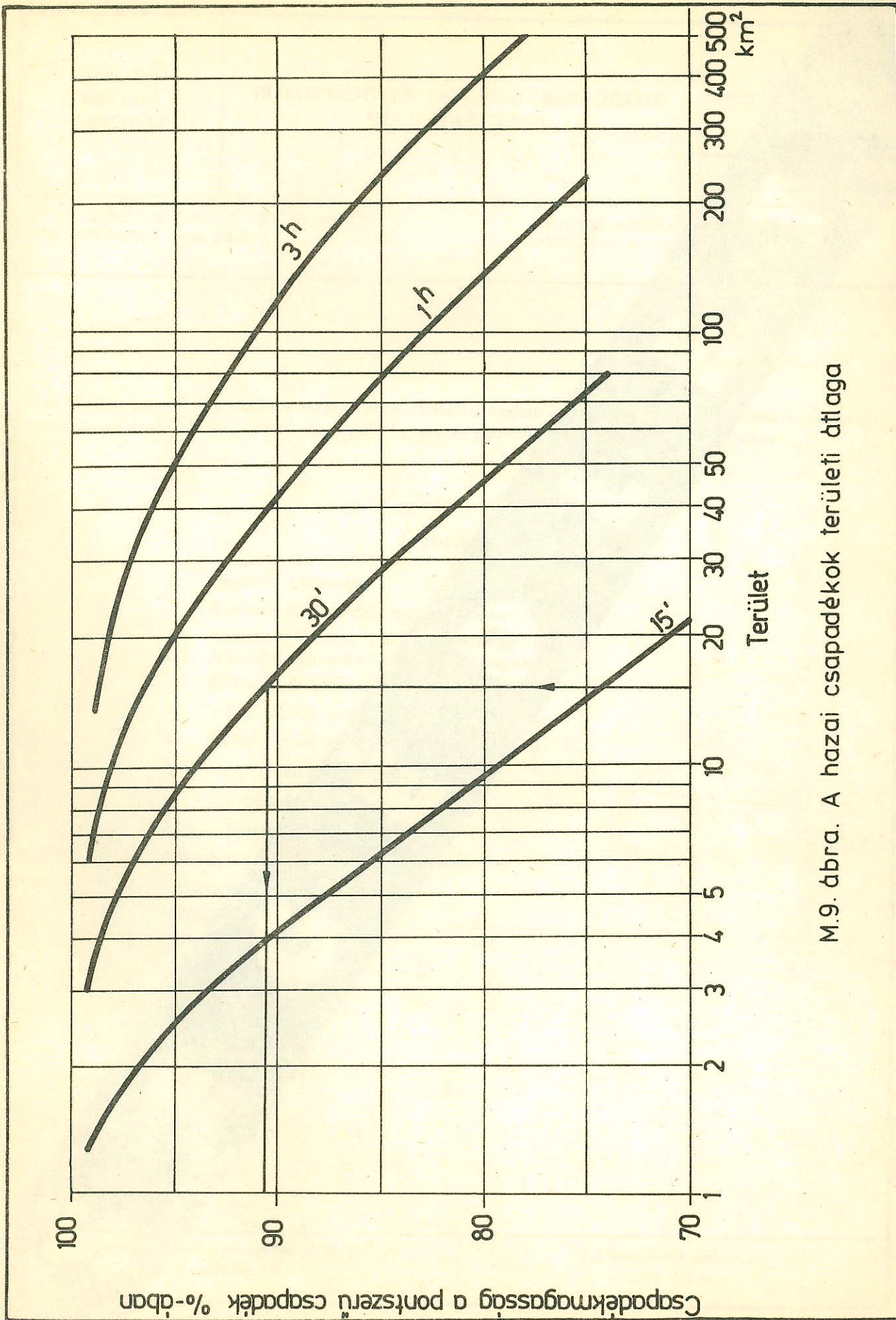


Megjegyzés: az intenzitásipcsők időtartama 5 vagy 10 perc

M. 7. ábra. Időben változó intenzitású, négy év visszatérési idejű zápor időfüggvénye



M. 8. ábra. A záporcsapadék-mennyiségek



M.9. ábra. A hazai csapadékok területi átlaga

VÍZÜGYI  
MŰSZAKI  
SEGÉDLET

A 3–24 ÓRA IDŐTARTAMÚ  
CSAPADÉKOK MEGHATÁROZÁSA

VMS  
201/2–78

G 70

Определение атмосферных осадков  
продолжительностью времени  
3–24 часов

Determination of 3 to 24 hour  
precipitation

A segédlet a különböző valószínűségű 3–24 óra időtartamú csapadékok meghatározásának módszerét tartalmazza a bel- és külterületi kis és közepes vízgyűjtők vízrendezési tervezéséhez és a hidraulikai ellenőrzésekhez.

Tartalom

1. A fogalmak értelmezése
2. Az összegyülekezési idő számítása
  - 2.1. Az összegyülekezési idő kis vízgyűjtőn
  - 2.2. Az összegyülekezési idő közepes vízgyűjtőn
3. A mértékadó csapadék meghatározása
  - 3.1. A mértékadó csapadék magassága
  - 3.2. A mértékadó csapadék intenzitása

Függelék

A tárggyal kapcsolatos magyar állami szabványkiadványok  
A tárggyal kapcsolatos jogszabályok  
A tárggyal kapcsolatos irodalom

1. A FOGALMAK ÉRTELMEZÉSE

A mértékadó időalap, az összegyülekezési idő ( $t$ ) és a csapadék intenzitása ( $i$ ) fogalmát a VMS 201/1 szerint kell értelmezni azzal a különbséggel, hogy az összegyülekezési időt nem kell két részidőre osztani.

2. AZ ÖSSZEGYÜLEKEZÉSI IDŐ SZÁMÍTÁSA

2.1. Az összegyülekezési idő kis vízgyűjtőn

A legfeljebb 500 km<sup>2</sup> területű vízgyűjtőhöz tartozó összegyülekezési idő ( $t$ ) közelítő értékét a következő összefüggésből lehet kiszámítani:

$$t = \frac{L^2}{\sqrt{F \cdot I}} \quad (\text{min}), \quad (1)$$

ahol

- L a leghosszabb lefolyási út hossza (km),  
F a vízgyűjtő területe (km<sup>2</sup>),  
I a leghosszabb lefolyási út átlagos esése (dimenzió nélküli szám).

A jóváhagyás időpontja:  
1978. november 13.

A közzététel időpontja:  
1979. november hó

## 2.2. Az összegyülekezési idő közepes vízgyűjtőn

Az 500–2000 km<sup>2</sup> területű vízgyűjtőhöz tartozó összegyülekezési idő (t) közelítő értékét a következő összefüggésből lehet kiszámítani:

$$t = \frac{L^2}{\sqrt{F \cdot I}} \left( 1,04 - \frac{F}{5840} \right) \text{ (min)} \quad (2)$$

A jelölések és mértékegységek azonosak az (1) képlet jelöléseivel és mértékegységeivel.

## 3. A MÉRTÉKADÓ CSAPADÉK MEGHATÁROZÁSA

A vizsgált vízgyűjtő terület összegyülekezési idejének (t-nek) ismeretében a mértékadó (p) visszatérési idejű csapadékok a csapadékmáximum-függvények alapján lehet kiszámítani.

A csapadékmáximum-függvény olyan összefüggés, amely megadja, hogy egy bizonyos t időtartamú csapadék átlagosan p évenként lesz h magasságú vagy i intenzitású, vagy ennél nagyobb előfordulású.

### 3.1. A mértékadó csapadék magassága

A mértékadó visszatérési idejű csapadék magasságát ( $h_p$ -t) a következő összefüggésből lehet meghatározni:

$$h_p = a \cdot t^n \text{ (mm)}, \quad (3)$$

ahol

- a az egy óra időtartamú és p visszatérési idejű csapadék magassága (mm),
- t a csapadék időtartama, amely azonos az összegyülekezési idővel (h),
- n hatványkitevő (a visszatérési időtől kevésbé függ, értékei állandók az 1. táblázat szerint).

1. táblázat

Visszatérési idő (p)	Az egy órás csapadék magassága (a)	Hatványkitevő (n)
év	mm	-
100	60,5	0,24
50	51,5	0,24
33	47,0	0,24
20	42,0	0,24
10	34,5	0,23
4	26,5	0,22
2	21,0	0,21
1	16,0	0,20

A csapadékmagasság meghatározására szolgáló grafikonokat az F1. ábra tartalmazza.

### 3.2. A mértékadó csapadék intenzitása

A mértékadó visszatérési idejű csapadék intenzitását ( $i_p$ -t) a következő összefüggésből lehet meghatározni:

$$i_p = a \cdot t^{-m} \text{ (mm/h vagy l/s} \cdot \text{ha),} \quad (4)$$

ahol

- a az egy óra időtartamú, és p visszatérési idejű csapadék intenzitása (mm/h vagy l/s · ha),
- t a csapadék időtartama, amely azonos az összegyülekezési idővel (h),
- m hatványkitevő (-m = 1-n), (a visszatérési időtől kevésbé függ), értékei állandók a 2. táblázat szerint.

2. táblázat

Visszatérési idő (p)	Az egy órás csapadék intenzitása (a)		Hatványkitevő (m)
	mm/h	l/s · ha	
év			-
100	60,5	168	0,76
50	51,5	143	0,76
33	47,0	130	0,76
20	42,0	116	0,76
10	34,5	96	0,77
4	26,5	74	0,78
2	21,0	58	0,79
1	16,0	44	0,80

A csapadékintenzitás meghatározására szolgáló grafikonokat az F2. és F3. ábra tartalmazza.

Megjegyzés: A vízügyi ágazati szabvány kiadványok azonosító jelzete 1977. július 1-től megváltozott. Az eddigi OVHSZ jel helyébe MSZ-10, az OVHMI jel helyébe MI-10 kibocsátói jel került.

Az azonosító jelzet azonosítási száma és évszámjele nem változott. Például az OVHSZ 197-75 új azonosító jelzete MSZ-10 197-75. Az e szabványkiadványban MSZ-10 vagy MI-10 kibocsátói jellel feltüntetett szabványkiadványok átmenetileg máshol még esetleg OVHSZ vagy OVHMI jellel találhatók.

A műszaki segédlet alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy nem jelent-e meg helyesbítése, módosítása, kiegészítése vagy visszavonása, mert a műszaki segédleteket a kibocsátója a műszaki haladásnak megfelelően időnként átdolgozza. A műszaki segédlet érvényességében beálló minden változást az OVH Vízügyi Szabványosítási és Egységesítési Központ a Vízügyi Értesítőben hirdeti meg. A gyakorlati tapasztalatok alapján ajánlatosnak látszó helyesbítő módosító indítványokat, észrevételeket, megfelelő indokolással az OVH Vízügyi Szabványosítási és Egységesítési Központhoz (levélcím: 1148 Budapest Nagy Lajos kir. útja 1-7) kell benyújtani.

A műszaki segédletek beszerezhetők a Szabványboltban, Budapest, VIII. Üllői út 24. (levélcím: 1431 Budapest, Pf.: 162.)

## FÜGGELÉK

## SZÁMPÉLDÁK

## F1. A MÉRTÉKADÓ CSAPADÉK MEGHATÁROZÁSA KIS VÍZGYŰJTŐ ESETÉN

Feladat: Meg kell határozni a következő adatokkal jellemzett vízgyűjtőre hullott 10 éves visszatérési idejű mértékadó csapadékot.

A számításhoz szükséges: az F1. és F3. ábra.

Alapadatok:

- a vízgyűjtő területe (F) 20 km<sup>2</sup> (2000 ha),
- a leghosszabb lefolyási út hossza (L) 7 km,
- a leghosszabb lefolyási út átlagos esése (I) 2‰ (0,002).

Az összegyülekezési idő számítása az (1) összefüggés alkalmazásával:

$$t = \frac{7^2}{\sqrt{20 \cdot 0,002}} = 245 \text{ min} = 4,08 \text{ h}$$

A 10 éves visszatérési idejű csapadék intenzitása a t=4,08 h összegyülekezési időnek megfelelően az F3. ábra grafikonjáról leolvassa:

$$i = 33 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

A vízgyűjtőre hullott csapadék

- hozama

$$Q = F \cdot i = 2000 \cdot 33 = 66\,000 \text{ l/s} = 66 \text{ m}^3/\text{s},$$

- mennyisége

$$V = Q \cdot t = 66 \cdot 4,08 \cdot 3600 = 9,69 \cdot 10^5 \text{ m}^3,$$

- magassága

a t = 4,08 h összegyülekezési és 10 éves visszatérési időnek megfelelően az F1. ábra grafikonjáról leolvassa

$$h = 48 \text{ mm}.$$

A vízgyűjtőre hullott csapadék mennyisége a csapadék magassága alapján:

$$V = F \cdot h = 2000 \cdot 10^2 \text{ m}^2 \cdot 48 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 9,60 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

## F2. A MÉRTÉKADÓ CSAPADÉK MEGHATÁROZÁSA KÖZEPES VÍZGYŰJTŐ ESETÉN

Feladat: Meg kell határozni a Kerka patak Tormafölde szelvényéhez tartozó vízgyűjtőre hullott 10 éves visszatérési idejű mértékadó csapadékot.

A számításhoz szükséges: az F1. és F3. ábra.

Alapadatok:

- a vízgyűjtő területe (F) 897 km<sup>2</sup> (89 700 ha),
- a leghosszabb lefolyási út hossza (L) 48,1 km,
- a leghosszabb lefolyási út átlagos esése (I) 2,9‰ (0,0029).

Az összegyülekezési idő számítása a (2) összefüggés alkalmazásával.

$$t = \frac{48,1^2}{\sqrt{897 \cdot 0,0029}} \left(1,04 - \frac{897}{5840}\right) = 1271 \text{ min} = 21,2 \text{ h}$$



A  $t = 21,2$  h összegyülekezési időnek megfelelően a 10 éves visszatérési idejű csapadék intenzitása az F3. ábra grafikonjáról leolvassa:

$$i = 10,5 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

A vízgyűjtőre lehullott csapadék

- hozama

$$Q = F \cdot i = 89,7 \cdot 10^3 \cdot 10,5 = 942 \cdot 10^3 \text{ l/s} = 942 \text{ m}^3/\text{s},$$

- mennyisége

$$V = Q \cdot t = 9,42 \cdot 10^2 \cdot 21,2 \cdot 3,6 \cdot 10^3 = 7,19 \cdot 10^7 \text{ m}^3,$$

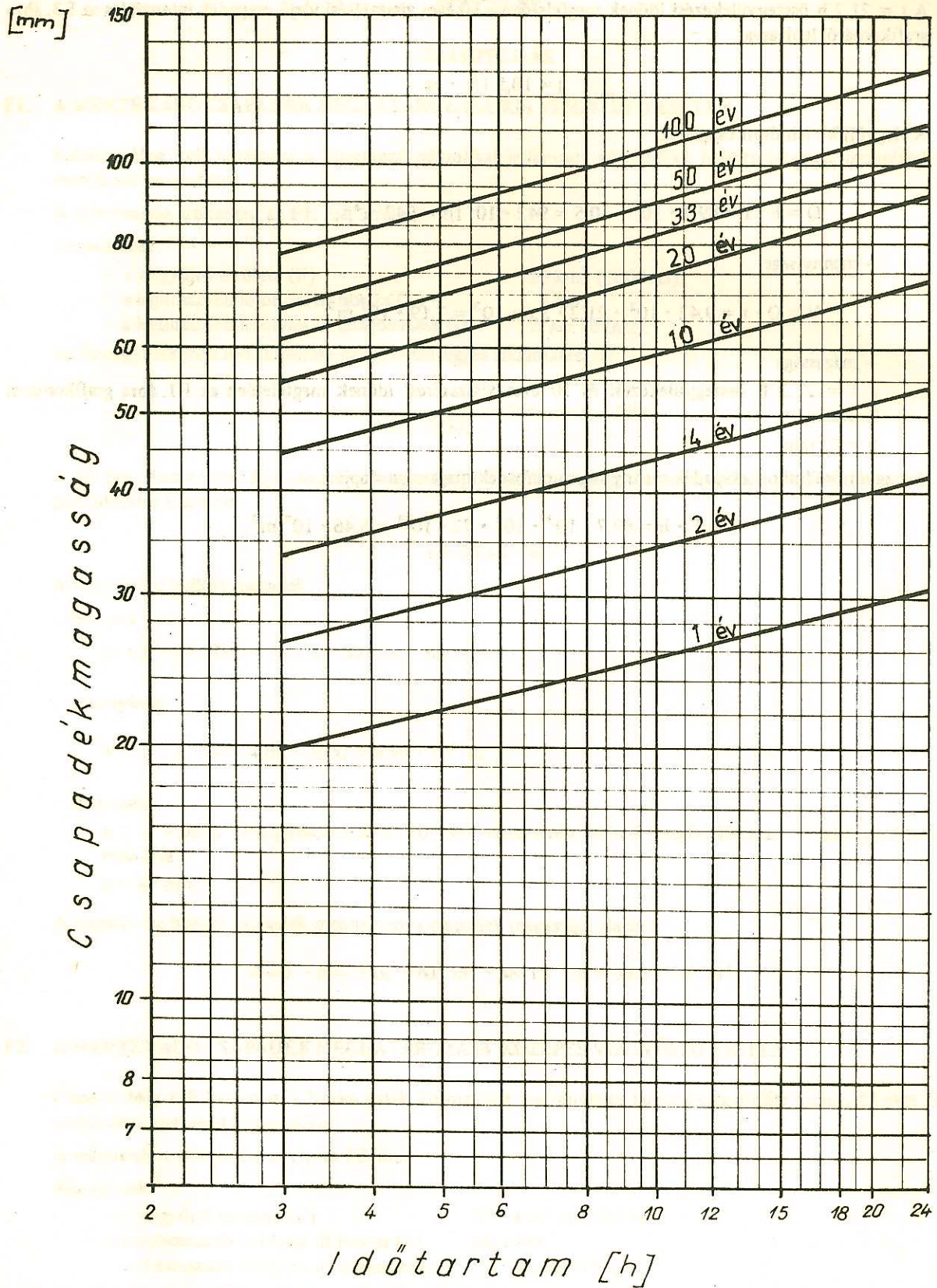
- magassága

a  $t = 21,2$  h összegyülekezési és 10 éves visszatérési időnek megfelelően az F1. ábra grafikonjáról leolvassa:

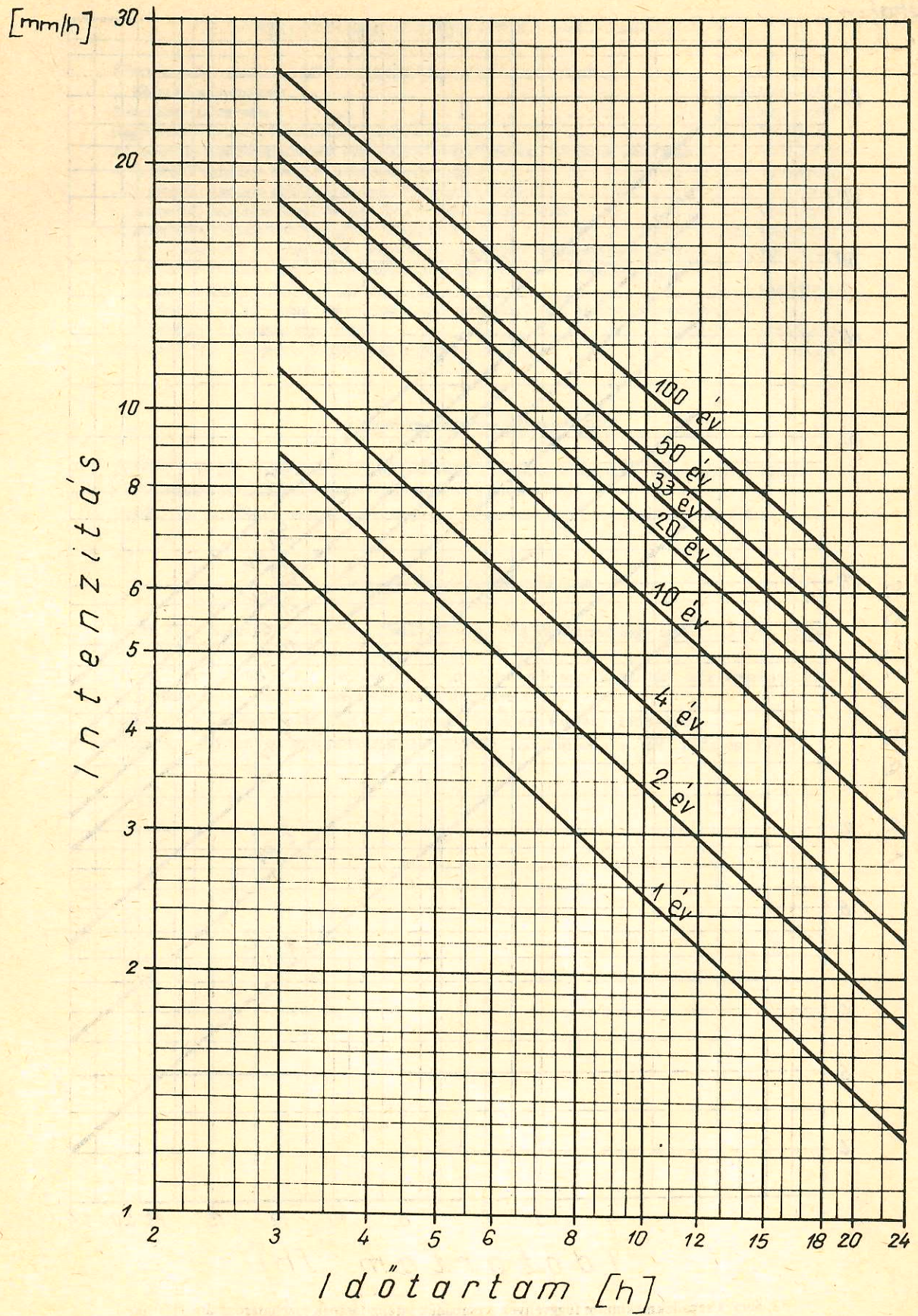
$$h = 72 \text{ mm}$$

A vízgyűjtőre hullott csapadék mennyisége a csapadék magassága alapján:

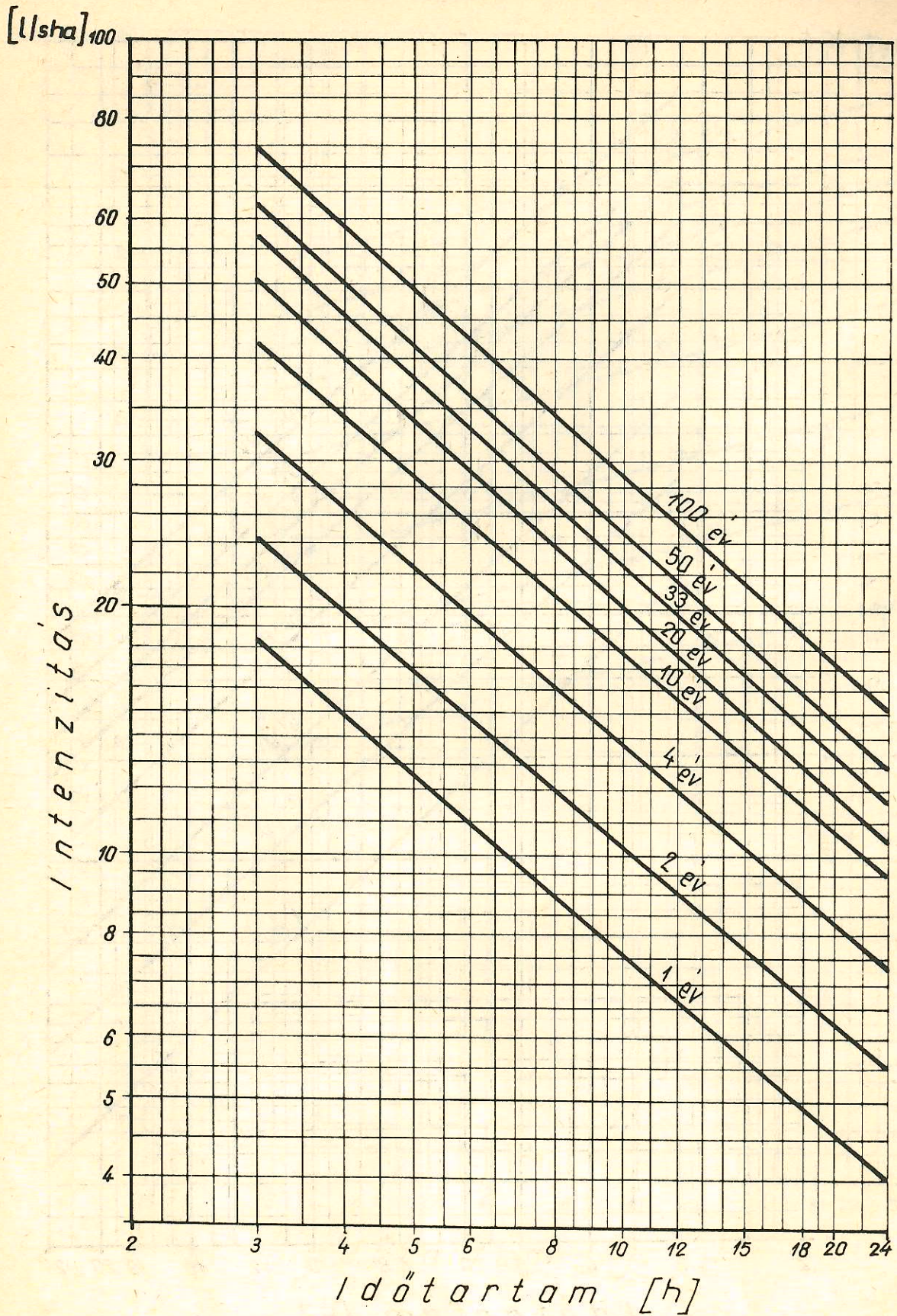
$$V = F \cdot h = 89,7 \cdot 10^3 \cdot 10^4 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 6,46 \cdot 10^7 \text{ m}^3.$$



F1. ábra Csapadékmaximum függvények a csapadék magasságának meghatározására



F2. ábra Csapadékmaximum függvények a csapadék intenzitásának meghatározására (mm/h)



F3. ábra Csapadékmaximum függvények a csapadék intenzitásának meghatározására (l/s\*ha)

### A tárggyal kapcsolatos magyar állami szabványkiadványok

Közcatornák tervezése. A hálózatot terhelő fajlagos vízmennyiségek . . . . .	MI-10 167/2
- Hidraulikai méretezés . . . . .	MI-10 167/3
Belterületi vízrendezés . . . . .	MI-10 260*
Hegy- és dombvidéki vízrendezés, Vízfolyásrendezés . . . . .	VMS 113
Az esőből keletkező árhullámok jellemzőinek meghatározása. Általános ismertetés . . . . .	VMS 200/1
- A tetőző vízhozam becslése árvízi tényező alapján . . . . .	VMS 200/2
- A tetőző vízhozam számítása összegyülekezési idő alapján . . . . .	VMS 200/3
- Az esőből keletkező árhullámkép jellemzőinek meghatározása . . . . .	VMS 200/4*
- A tetőző vízhozam becslése egyéb módszerekkel . . . . .	VMS 200/5
- Különböző valószínűségű tetőző vízhozamok számítása rövid vízhozamadatsor alapján, az összes észlelt árhullámból . . . . .	VMS 200/6
- Különböző valószínűségű tetőző vízhozamok számítása hosszú vízhozamadatsor alapján, szélső értékek eloszlásfüggvényével . . . . .	VMS 200/7*
Rövididejű (10-180 perces) csapadékok meghatározása . . . . .	VMS 200/8
	VMS 201/1

### A tárggyal kapcsolatos jogszabályok

- 28/1965. V.É. 20.) OVF-KPM sz. együttes utasítás a hidak és az átvezetők tervezésénél és kivitelezésével vizügyi és hajózási érdekekből irányadó előírásokról
- 1/1973. (III.3.) OVH sz. rendelkezés az Országos Vízgazdálkodási Szabályzat közzétételéről

### A tárggyal kapcsolatos irodalom

- Péczely Gy. - Salamin P. - Winter J.: Szakvélemény rövid időtartamú nagy intenzitású esők vizsgálatának módszereiről. BME. Kézirat. Budapest. 1968., 1969.
- Péczely Gy. - Salamin P. - Winter J.: Rövid időtartamú nagy intenzitású esők vizsgálata. BME Vízgazdálkodási és Vízépítési Intézete. Kézirat. Budapest. 1972.
- Wisnovszky I.: Az összegyülekezési idő számítása. Hidrológiai Közöny, 1958. 3. sz.
- Kontur I.: A felszíni víz összegyülekezésének számítása. Tervezési segédlet. BME Budapest. 1976.

\* Kidolgozás alatt

### 3. függelék

#### A konzultációkon történő részvétel igazolása

#### A konzultációkon történő részvétel igazolása (szakdolgozathoz/diplomamunkához)

A hallgató neve:	Meretei Gábor
A hallgató Neptun-kódja:	B7K4W5
Szak, szakirány megnevezése:	Építőmérnöki szak, Területi vízgazdálkodási szakirány
Képzési szint (alap-/mesterképzés):	alap
Munkarend (levelező/nappali):	nappali
A dolgozat címe:	Mértékadó árvízszámítás empirikus módszereinek elemzése és automatizálása
A dolgozat konzulensének neve:	Dr. Keve Gábor
A konzulens munkahelye, beosztása:	NKE VTK, Tanszékvezető, egyetemi docens

1. A hallgató a dolgozat készítésével kapcsolatos konzultáción részt vett. A konzultáció időpontja: 2022.03.11. (év/hónap/nap). A konzultáció formája: személyes / elektronikus. (Aláhúzni!)

Baja, 2022. év április hó 29. nap

.....  
Konzulens aláírása

2. A hallgató a dolgozat készítésével kapcsolatos konzultáción részt vett. A konzultáció időpontja: 2022.03.24. (év/hónap/nap). A konzultáció formája: személyes / elektronikus. (Aláhúzni!)

Baja, 2022. év április hó 29. nap

.....  
Konzulens aláírása

3. A hallgató a dolgozat készítésével kapcsolatos konzultáción részt vett. A konzultáció időpontja: 2022.04.25. (év/hónap/nap). A konzultáció formája: személyes / elektronikus. (Aláhúzni!)

Baja, 2022. év április hó 29. nap

.....  
Konzulens aláírása

#### **Készült 2 eredeti példányban.**

*A hallgatónak a témajelentkezés véglegesítését követően, a szakdolgozat/diplomamunka elkészítése során legalább három alkalommal kell konzultáción – aláírással is igazoltan - részt vennie. Ennek hiányában a szakdolgozat/diplomamunka bírálatra, illetve védésre nem bocsátható.*

## 5. függelék

### *Szerzői jogi nyilatkozat*

#### **Szerzői jogi nyilatkozat (szakdolgozathoz/diplomamunkához a Neptun-rendszer felületén)**

Büntetőjogi felelősségem tudatában nyilatkozom, hogy a benyújtott jelen szakdolgozat saját szellemi tevékenységem eredménye, az abban hivatkozott nyomtatott és elektronikus szakirodalom felhasználása a szerzői jogokra vonatkozó jogszabályoknak megfelelően történt, a benne foglaltak más személyek jogszabályban rögzített jogait nem sértik.

#### **Szerzői jogi nyilatkozat (szakdolgozathoz/diplomamunkához papír alapú)**

Alulírott Meretei Gábor (NEPTUN-kód: B7K4W5) büntetőjogi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a „Mértékadó árvízszámítás empirikus módszereinek elemzése és automatizálása” című, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Építőmérnöki BSc képzésén benyújtott jelen szakdolgozat saját szellemi tevékenységem eredménye, az abban hivatkozott nyomtatott és elektronikus szakirodalom felhasználása a szerzői jogokra vonatkozó jogszabályoknak megfelelően történt, a benne foglaltak más személyek jogszabályban rögzített jogait nem sértik.

Baja, 2022.04.29.

*Meretei Gábor*

.....  
Hallgató aláírása



**6. függelék**  
**Felhasználási nyilatkozat**

**Felhasználási nyilatkozat**  
**(szakdolgozathoz/diplomamunkához)**

A hallgató neve:	<b>Meretei Gábor</b>
Kar:	<b>Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar</b>
Oktatási szervezeti egység:	<b>Területi Vízgazdálkodási Tanszék</b>
Szak, szakirány:	<b>Építőmérnöki BSc szak, Területi Vízgazdálkodás szakirány</b>
A dolgozat címe:	<b>Mértékadó árvízszámítás empirikus módszereinek elemzése és automatizálása</b>
A dolgozat elkészítésének éve:	<b>2022</b>

I.\* Alulírott, mint a szakdolgozat/diplomamunka szerzője, a szerzői jog kizárólagos jogosultjaként

**hozzájárok,**

***nem járok hozzá,***

hogy szakdolgozatom/diplomamunkám példányát más személyek tanulmányaik, kutatásaik során – a hivatkozási előírások betartásával – felhasználják.

„Hozzájárulok” válasz esetén a II. pont kitöltése kötelező.

II.\* Alulírott, mint a szakdolgozat/diplomamunka szerzője, a szerzői jog kizárólagos jogosultjaként hozzájárulok, hogy a dolgozatom teljes szövegének elektronikus változatát a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Egyetemi Központi Könyvtár és Levéltár által működtetett egyetemi repozitórium nyilvánosan szolgáltassa:

**korlátlan hozzáféréssel** (teljes nyilvánossággal az interneten elérhetően)\*

**korlátozott hozzáféréssel** (korlátozott nyilvánossággal, egyetemi IP címről egyedi felhasználói azonosítóval)\*

III. \*Alulírott, mint a szakdolgozat/diplomamunka szerzője, a szerzői jog kizárólagos jogosultjaként ***nem járok hozzá,*** hogy a dolgozatom teljes szövegét a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Egyetemi Központi Könyvtár és Levéltár nyilvánosan szolgáltassa.\*

Baja, 2022.04.29.



.....  
Hallgató aláírása

Megjegyzés: A \*-gal jelölt részt aláhúzással kérjük jelölni. Amennyiben a szakdolgozat / diplomamunka felhasználói nyilatkozatának kitöltése elmarad vagy hiányosan történik, abban az esetben a szakdolgozatba / diplomamunkába betekintési lehetőség nincs.