



Eötvös József Főiskola

Vízépítési – és Vízgazdálkodási Intézet

Tudományos Diákköri Konferencia 2014

Kísérleti városi kisvízgyűjtő



Készítette: Vas László Tamás, Építőmérnök hallgató

Konzulens: Mrekva László, tanszéki mérnök, Eötvös József Főiskola

Baja, 2014

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés:	2
2. Kísérleti városi kisvízgyűjtők:.....	2
3. Terepi felmérés:	4
4. Adatok feldolgozása:	4
4.1 Helyszínrajz készítés:	4
4.2 Térképek készítése:.....	5
4.3 Hidrológiai méretezés:.....	7
5. Eredmények.....	11
5.1 Vasbeton szikkasztó méretezése, kialakítása:.....	14
5.2 Parshall-csatorna kialakítása:	18
6. Monitoring-rendszer	20
6.1 Mennyiségek monitorozása:	20
6.2 Vízhőmérséklet monitorozás:	24
7. Zöldtetők	25
7.1 Zöldtető a Főiskolán	29
8. Összefoglalás	31
Forrásjegyzék:.....	32
Ábragyűjték:	33
Táblázatjegyzék:	33

1. Bevezetés:

2013 október havában a bajai Eötvös József Főiskolán került megrendezésre a „Kísérleti Városi Kisvízgyűjtők” mérőtábor. A kísérleti városi kisvízgyűjtővel az alapvető célunk a városi lefolyás és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata. Mivel épített környezetben sokkal nagyobb a felszíni lefolyás, az utak; a parkok és a burkolt felületek nem képesek elnyelni a csapadékvizet, így úgynevezett városi áradásokkal kell számolni. A városi áradások hatása legfőképpen gazdasági veszteségekben mutatkozik meg. Nyilvánvaló, hogy a városi áradások tulajdonságainak megértésében kulcsszerepe van a lefolyás és a lefolyási viszonyok megismerésének. A városi áradások gazdasági kárainak mérséklésére, illetve megszüntetésére tehát a városi lefolyást kell szabályozni.

A táborban elvégeztük a kísérleti városi kisvízgyűjtők tervezéséhez alapul szolgáló méréseket, és megterveztük a kísérleti városi kisvízgyűjtőket. A tábor két helyszínen zajlott. Az első helyszín Szabadkán volt, az Újvidéki Egyetem, Szabadkai Építőmérnöki Karán, a második helyszín a bajai Eötvös József Főiskola volt. A táborban 10-10 hallgató vehetett részt mindkét intézményből. A tábor végén egy dokumentációt állítottunk össze az eredményeinkből.

A dolgozatomban a kísérleti városi kisvízgyűjtők témáját dolgozom fel. A tábor végeztével igény merült fel bennem, a téma indokoltságát illetően, hogy többet kell foglalkozni a kísérleti városi kisvízgyűjtőkkel, illetve a táborban megtervezett megoldáson kívül alternatív megoldásokat keresni és kidolgozni. Jelen dolgozatomban a táborban megkezdett munkát tovább folytattam és az általam megtervezett megoldások köré egy monitoring-rendszert építettem fel, a monitoring rendszernek pedig két változatát készítettem el. Az alternatív megoldások és a monitoring-rendszer felépítése után a zöldtető kiépítésének lehetőségeit is vizsgáltam a Főiskolán. A zöldtetők lefolyást befolyásoló tulajdonságai miatt döntöttem a vizsgálatuk mellett. A dolgozatomban egyelőre csak a bajai helyszín kísérleti kisvízgyűjtőjével foglalkozok részletesebben.

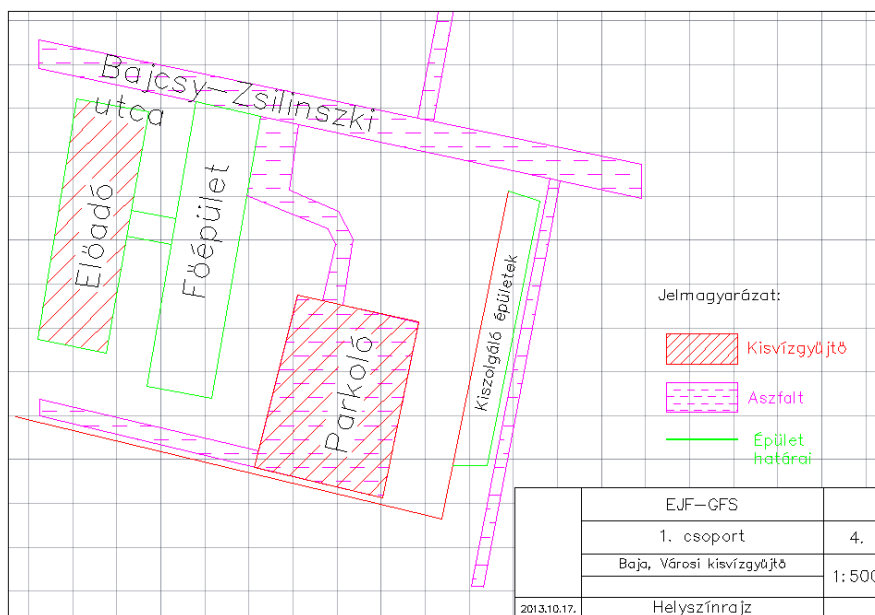
2. Kísérleti városi kisvízgyűjtők:

A vízgyűjtő terület az a terület, amelyről a vizek a csatorna egy szelvényéhez folynak. ^[1.]A kísérleti városi kisvízgyűjtőként tekintünk arra a városi területre, amelyről a lefolyó csapadékvizeket összegyűjtjük és azokat mennyiségi és minőségi szempontokból vizsgáljuk.

Fontos, hogy a gyűjtőbe csak a kísérleti területről lefolyt csapadék juthat el. A tervezett bajai kísérleti városi kisvízgyűjtő két részből áll. A terület egyik része a főiskola teteje, a másik a főiskola parkolója.



1. ábra: Műholdkép a területről



2. ábra: Helyszínrajz

Az ezekről lefolyt és összegyűjtött vizek vizsgálata a kísérleti városi kisvízgyűjtő feladata. A lefolyt víz összegyűjtésére egy vasbeton szikkasztómedencét terveztünk.

A szikkasztómedencébe beépített bukónál lehetőség nyílik a térfogatáram megmérésére, valamint a vízminőségi mintavételre.

3. Terepi felmérés:

A kisvízgyűjtők terepi felmérése során geodéziai méréseket végeztünk. A mérés menete a következő volt:

A terület jellemző pontjait derékszögű koordinátaméréssel, mérőszalag segítségével felmértük. A felmérés során a pontokat egy alapvonalra vetítettük. Lemértük a pontok alapvonalon mért távolságát (abszcisszáját) és az alapvonalra merőleges távolságot (ordinátáját). A mérőszalagos bemérés után ugyanazokat a pontokat GPS-el is bemértük, WGS-84¹ koordinátákkal. A részletpont méréseken felül végeztünk vonal- és területszintezést. A vonalszintezés során egy „hátra” leolvasással képeztük egy „látsík” magasságot, majd egy „előre” leolvasást végezve megkaptuk a pont magasságát. A területszintezés során a területet egy szabadon választott hálóban mérjük fel. Egy ismert magasságú pontról „hátra” leolvasással képeztük a „látsík” magasságát, majd a háló pontjainak magasságát „közép”leolvasásokkal határoztuk meg. A felméréendő terület közelében egy magasságilag egyértelműen meghatározott pontot létesítettünk. Egy közelben lévő ismert magasságú pontról vonalszintezéssel meghatároztuk az általunk létesített pont magasságát. A területszintezést 5x5 méteres hálóban végeztük. háló pontjain kívül a terület olyan jellemző pontjait is felmértük, amik a lefolyást befolyásolhatják. Az általunk létesített pontról képeztük a „látsík” magasságát, majd középleolvasásokat végezve határoztuk meg a háló rácspontjain a terep magasságát. A területszintezés elvégzéséhez egy relatív koordinátarendszert állítottunk fel. A relatív koordinátarendszer két pontját meghatároztuk, hogy később valódi koordinátarendszerekben el tudjuk helyezni.

4. Adatok feldolgozása:

4.1 Helyszínrajz készítés:

A helyszínrajzot AutoCAD programmal készítettük el. A helyszínrajz készítése során a programban kihúztuk az alapvonalat, majd az abszcissza és az ordináta alapján megrajzoltuk a felmért pontokat és objektumokat.

¹WGS-84: Az UTM vetület alapfelülete. A WGS-84 geocentrikus elhelyezésű alapfelület, tehát a középpontja a Föld tömegközéppontjában van.

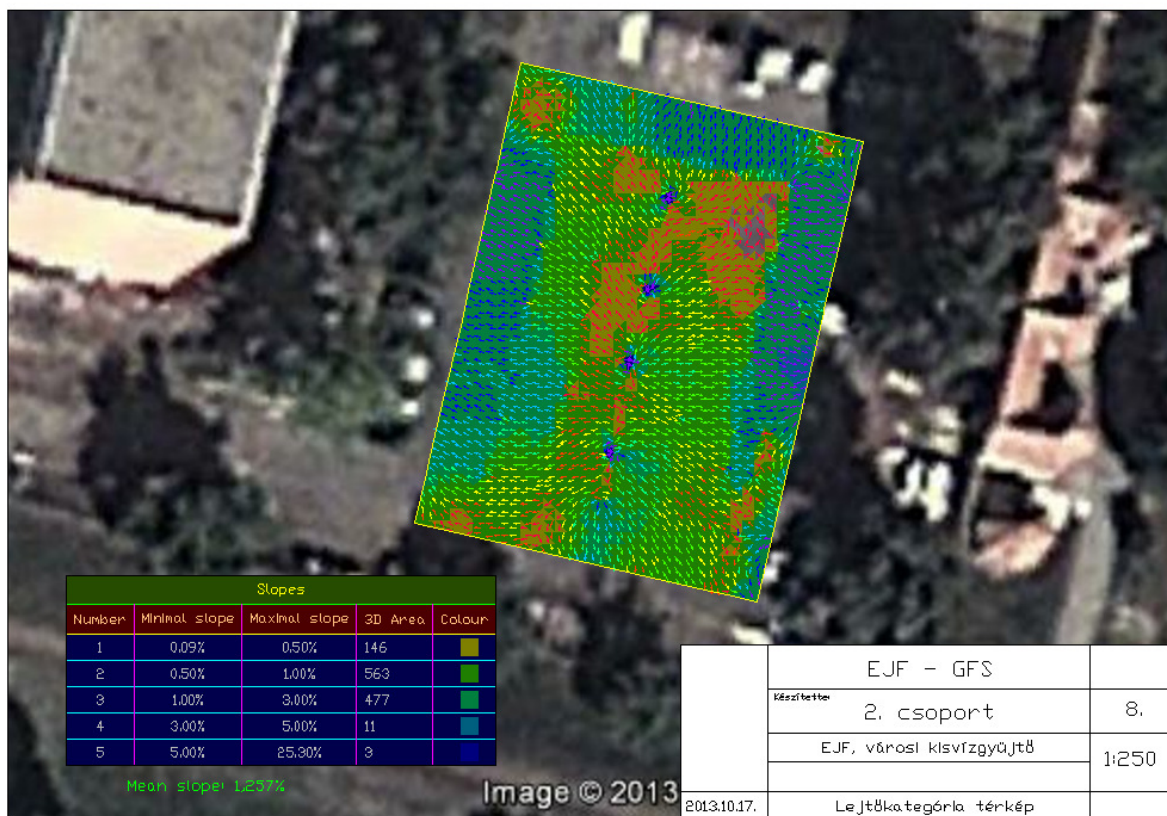
A helyszínrajzon feltüntettük az épületeket és a burkolt részeket, illetve minden lényeges, a lefolyást befolyásoló terepobjektumot. A helyszínrajzból csináltunk egy felmérési vázlatot, amin bejelöltük a területszintezés során felmérendő pontokat.

4.2 Térképek készítése:

A térképeket AutoCAD Civil 3D programmal készítettük el. A térképek készítéséhez csak a területszintezés adatait használtuk fel. A területszintezés adataiból Microsoft Excelben egy koordinátajegyzéket készítettünk. A koordinátajegyzék a következő formátumú volt: Pontszám, Kelet koordináta, Észak koordináta, Pontmagasság, Pontleírás

Az AutoCAD Civil 3D programba az ilyen formátumú (P,K,É,Z,L) szövegfájlt be tudtuk importálni. A programban a beimportált adatokat koordináta-geometria (COGO) pontokká alakítottuk. A COGO pontokból felületet hoztunk létre. A felületet a program szabálytalan háromszögekből állította össze. Ez az úgynevezett TIN (Triangulated Irregular Network/Szabálytalan háromszögháló) felület. A TIN felület előnye, hogy a határoló élekhez rugalmasan illeszkedik. A felület létrehozása után megrajzoltuk a terület szintvonalas térképét. A szintvonalas térképen a szintvonalakat 5 cm-enként rajzoltuk meg, a szintközöket különböző színekkel láttuk el.

A szintvonalas térkép elkészítése után elkészítettük a terület lejtőkategória térképét.



3. ábra: Lejtőkategória térkép

A kategóriák a következők voltak:

- 0,09 % - 0,50 %
- 0,50 % - 1,00 %
- 1,00 % - 3,00 %
- 3,00 % - 5,00 %
- 5,00 % <

A bajai kísérleti területen a legnagyobb lejtés 25,30 % volt.

A lejtőkategória térkép adataiból kiszámoltuk a hidrológiai számításokhoz szükséges átlagos lejtést. A lejtésértékeket a felületükkel súlyoztuk, tehát az átlagos lejtés:

$$s_{\text{átl}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * s_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Ahol:

$s_{\text{átl}}$ – a terület átlagos lejtés

A_i – i-edik részterület

s_i – i-edik részterület lejtése

Minimális lejtés [cm/m]	Maximális lejtés [cm/m]	Terület [m ²]	Terület * átlagos lejtés
0,09	0,5	14,6	4,3
0,5	1	56,3	42,2
1	3	47,7	95,4
3	5	1,1	4,4
5	23,5	0,3	4,5

1. táblázat: Átlagos lejtés számítása

A terület átlagos lejtése: $s_{\text{átl}} = 1,257$ %. Ez az érték azt jelenti, hogy a területen a lejtés átlagosan 1,257 centiméter méterenként.

4.3 Hidrológiai méretezés:

A hidrológiai méretezés során a racionális méretezési módszert használtuk (Műszaki Irányelv-10-455/2-1988, továbbiakban „a Műszaki Irányelv”). A hidrológiai méretezés során felhasználtuk a lejtőkategória térkép alapján kiszámolt átlagos lejtést, és a helyszínrajzról leolvasott területeket. A méretezés során a Műszaki Irányelv ajánlott értékeivel számoltunk. Először az összegyülekezési időt számoltuk. Az összegyülekezési idő a terepen való lefolyás és a mederben történő lefolyás idejének az összege.

$$t_c = t_1 + t_2$$

Ahol:

t_c – összegyülekezési idő

t_1 – terepi lefolyás ideje

t_2 – mederbeli lefolyás ideje

A terepen való lefolyás közelítő ideje Kerby módosított képletével határozható meg:^[2.]

$$t_1 = 1,2 * \left(\frac{n * L_1}{\sqrt{I_m}} \right)^{0,5}$$

Ahol:

t_1 – terepi lefolyás ideje

n – érdességi tényező

L_1 – átlagos lefolyási úthossz

I_m – területre jellemző átlagos lejtés

A fenti összefüggés pedig 400 méteres maximális úthosszig használható. Az érdességi tényező értéke a Műszaki Irányelv 1. táblázata alapján: $n=0,125$.

A csatornában való lefolyás ideje:^[2.]

$$t_2 = \frac{1}{60} * \sum_{j=1}^n \frac{L_{2,j}}{v_{m,j}}$$

Ahol:

t_2 – mederbeli lefolyás ideje

$L_{2,j}$ – j-edik mederszakasz hossza

$v_{m,j}$ – j-edik mederszakasz középsebessége

A racionális méretezési módszernél a mértékadó vízhozam számítása során meg kell határozni a lehullott csapadék lefolyási hányadát. A p átlagos ismétlődési idejű Q_p vízhozamot a következő képlettel kell számítani:^[2.]

$$Q_p = \alpha * i_p * A$$

Ahol:

α – lefolyási tényező

i_p – a mértékadónak választott csapadék intenzitása

A – a vizsgált terület nagysága

A lefolyási tényező azt mutatja meg, hogy egységnyi lehullott csapadékból mennyi folyik le. Értéke 0 és 1 között változik.

$$\alpha = \frac{R}{P}$$

Ahol:

α – lefolyási tényező

R- lefolyt vízmennyiség

P – lehullott vízmennyiség

A lefolyási tényezőt a Műszaki Irányelv 4. táblázata alapján vettük fel, így a lefolyási tényező értéke:

- a tetőn: $\alpha=0,95$
- a parkolón: $\alpha=0,90$

A mértékadónak választott csapadék intenzitása:^[2.]

$$i_p = a_p * \left(\frac{t_c}{t_a} \right)^{-m}$$

Ahol:

t_a – 10 perc

t_c – összegyülekezési idő

a – átlagos visszatérési időre jellemző állandó

m – átlagos visszatérési időre jellemző állandó

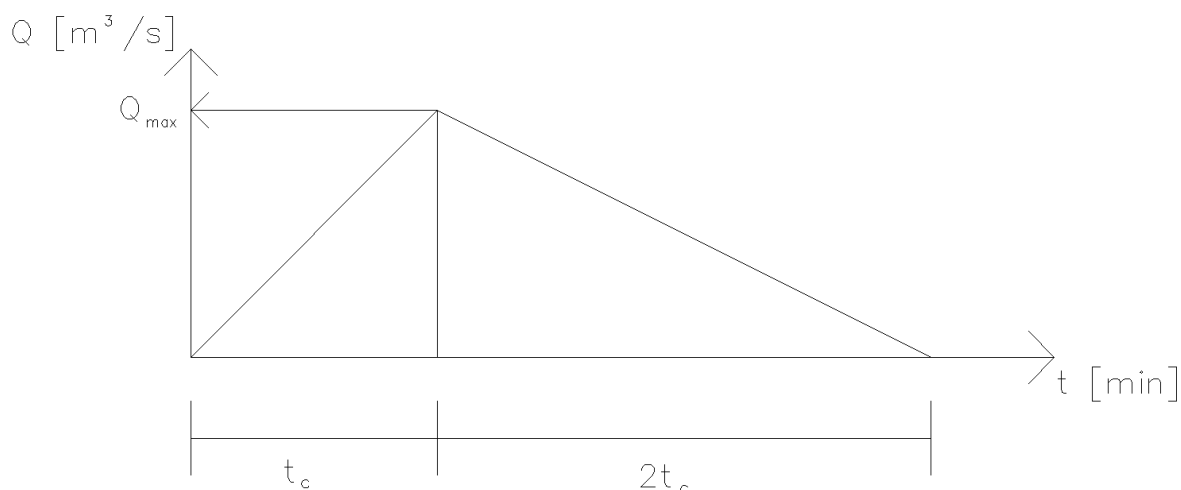
A hidrológiai számításokat 1, 2 és 4 éves visszatérési idejű csapadékokra végeztük el. Az ismétlődési idők meghatározásánál a beruházási költségeket vettük figyelembe. A Műszaki Irányelv kiindulásul a 4 éves visszatérési időt javasolja. Mivel az építendő csatornának nem az összes csapadék biztonságos levezetése az elsődleges feladata, ezért döntöttünk úgy, hogy kisebb visszatérési időre is megvizsgáljuk a területet.

Visszatérési idő [év]	10 perces intenzitás a_p		Hatványkitevő m
	[mm/h]	[l/s*ha]	
1	47,8	133	0,69
2	73,0	203	0,71
4	97,0	270	0,72

2. táblázat: Visszatérési időkre jellemző állandók^[2.]

A racionális módszerrel meghatározott vízhozam alapján meg lehet becsülni az árhullám időbeli változását. Az árhullámkép $t=0$ időpontjában $Q=0$. Az összegyülekezési idő (t_c) elteltével a p átlagos visszatérési idejű vízhozam számítható. Újra $Q=0$ vízhozammal lehet számolni $3 t_c$ időpontban.^[2.] Az árhullámkép alatti terület megegyezik a lefolyt térfogattal:

$$V = \int_{t=0}^{t=3t_c} Q(t)dt$$



4. ábra: Becsült árhullámkép

A területről lefolyt térfogatokat a következőképpen lehet meghatározni:^[2.]

$$V_p = \frac{3 * t_c}{2} * Q_p$$

Ahol:

V_p – p átlagos visszatérési időhöz tartozó lefolyt térfogat

t_c – összegyülekezési idő

Q_p – p átlagos visszatérési időhöz tartozó térfogatáram

4.4 Hidraulikai méretezés:

A hidraulikai méretezés során a hidrológiai számítások térfogatáramára választottunk csapadék-elvezető elemeket, vagy terveztük meg a csapadék-elvezető csatorna méreteit.

5. Eredmények

A terepi felmérés eredményei:

A tető területe: 98,65 m²

A parkoló területe: 121,35 m²

Az átlagos lejtés: 1,257 % [cm/m]

A hidrológiai számítás eredményei:

- Parkoló:

Összegyülekezési idő: $t_c = 7$ perc

Visszatérési idő [év]	Mértékadó csapadékkintenzitás [l/s*ha]	Térfogatáram [l/s]	Térfogat [m ³]
1	169,12	18,47	11,74
2	259,33	28,39	18,04
4	346,92	37,89	24,08

3. táblázat: A parkoló számítási eredményei

- Tető:

Összegyülekezési idő: $t_c = 16$ perc

Visszatérési idő [év]	Mértékadó csapadékkintenzitás [l/s*ha]	Térfogatáram [l/s]	Térfogat [m ³]
1	96,04	9	12,98
2	145,21	13,6	19,62
4	192,23	18	25,97

4. táblázat: A tető számítási eredményei

Összes térfogatok:

1 éves visszatérési időre: $V_1 = 24,72 \text{ m}^3$

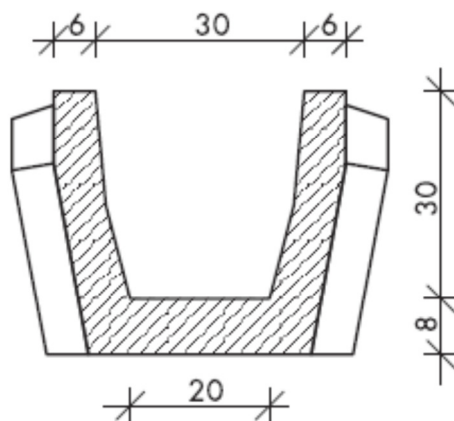
2 éves visszatérési időre: $V_2 = 37,66 \text{ m}^3$

4 éves visszatérési időre: $V_4 = 50,05 \text{ m}^3$

A hidrológiai számítás során kijött térfogatáramra választottunk csapadékvíz-elvezető elemet. A kisebb helyigény, a könnyű, jól gépiesíthető kivitelezés, és a kisebb érdekesség miatt a földmedrű csatorna helyett TB elemet választottunk.

A választott elem: TB 20/30/30 mederburkoló elem 5 tonna tengelyterhelésre.

A fenéklemez merevítő betonacélok minősége B50.36-as, az elosztó és szerelő acélbetétek B 38.24 minőségűek. A betonfedés 30 mm.



5. ábra: TB 20/20/30 mederburkoló elem^[3.]

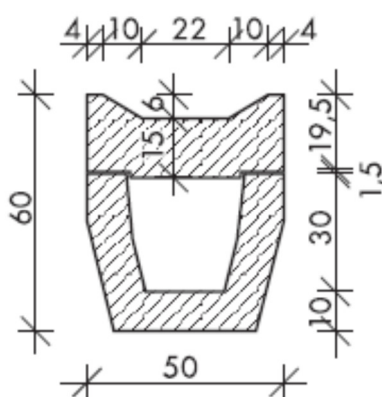
A mederburkoló elem adatai:^[3.]

- Fenékszélesség: 20 cm
- Felső szélesség: 30 cm
- Szelvény magasság 30 cm
- Elemhossz: 200 cm
- Elem tömeg: 332 kg
- Beton szilárdság: C30/37
- Beton kitételi osztályok: XC4, XF1, XA1
- Vízzállító keresztmetszet: $A=0,078 \text{ m}^2$
- Nedvesített terület: $K=0,81 \text{ m}$
- Hidraulikus sugár: $R=0,096$
- Kiszorított térfogat: $0,205 \text{ m}^3/\text{fm}$

Burkolat esése [mm/m]	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0
Vízszállító képesség [l/s]	16	25	43	49	78

5. táblázat: TB 20/30/30 mederburkoló elem vízszállító képessége^{3.]}

A parkolónak két be-és kijárata van. A be- és kijáratokhoz az elemek védelme érdekében egyenként 4 méter hosszan padkafolyóka beépítésére van szükség. A TB 20/30/30 burkolóelem lefedése 50/200-as padkafolyókával történik:



6. ábra: TB elem lefedése 50/200 padkafolyókával^[3.]

5.1 Vasbeton szikkasztó méretezése, kialakítása:

A műtárgy méretezését a hidrológiai számítások során kapott térfogatra méreteztük. Az eredményül kapott nagy térfogatok miatt úgy döntöttünk, hogy a szikkasztót 15 m³ -re méretezzük, azon felül pedig egy túlfolyón vezetjük ki a műtárgyból a vizet. A tervezés során a műtárgynak két változatát készítettük el. A végső változatot az alábbi két szempont szerint választottuk ki:

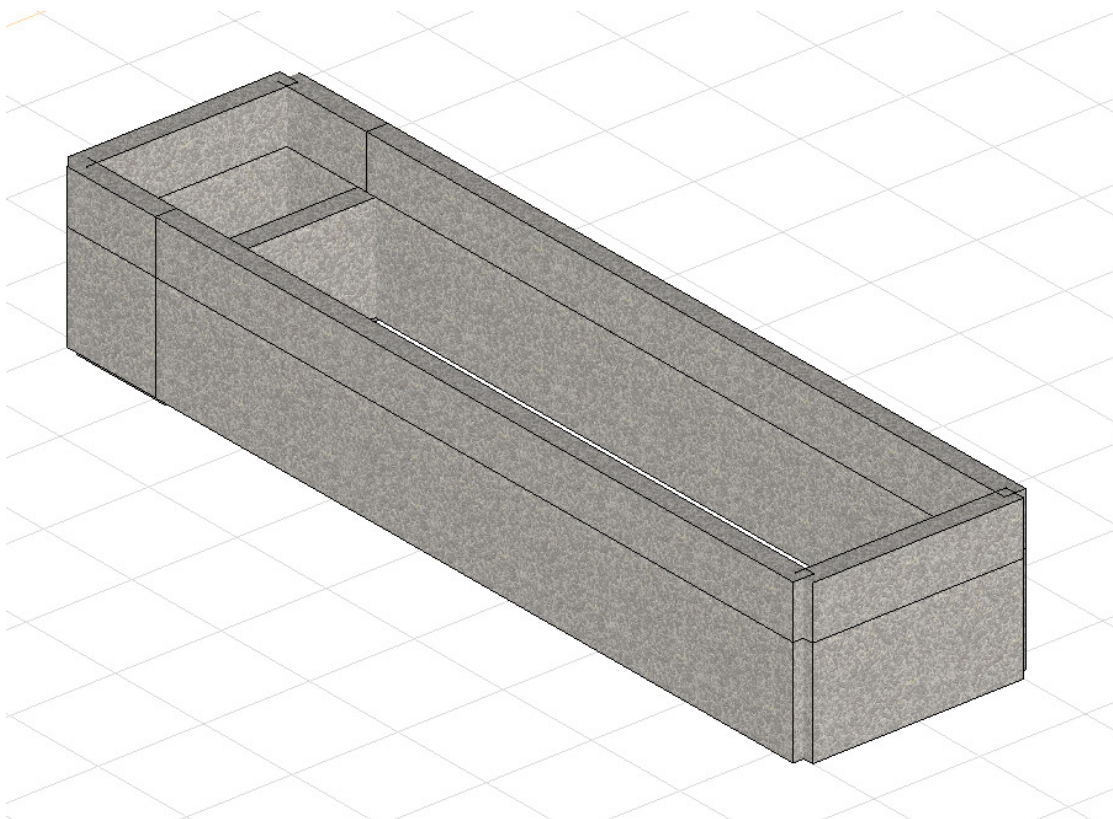
- felhasznált anyag mennyiség
- kivitelezés bonyolultsága.

A változatok:

- kör alaprajzú
- téglalap alaprajzú

A kör alaprajzú kisműtárgy átmérőjét 4,5 méternek vettük fel. A téglalap alaprajzú műtárgy méretei: 8,4 x 2,2 méter. Mindkét esetben a beton vastagsága 20 cm és a műtárgy aljzata kavicsos szivárgó réteg. A szikkasztótér szivárgó rétege nagyméretű mosott (kulé) kavicsból áll. A betonacél-szerelés kialakítását az Eurcode-2 előírása alapján készítettük el.

Az egyszerűbb kivitelezés, és a kisebb anyagigény miatt a téglalap alaprajzú műtárgy tervezését kezdtük meg. A szikkasztó további részei egy fogadómedence és egy túlfolyó. A 120 centiméter hosszú fogadómedencéből a víz egy bukón át jut a szikkasztótérbe.



7. ábra: Vasbeton kisműtárgy

A bukó derékszögű háromszög szelvényű (Thomson-bukó). A háromszög magassága 80 cm, az alapja 40 cm. A Thomson-bukó előnye, hogy már egészen kicsi vízhozamok mérésére is alkalmas. A Thomson-bukón átbukó vízhozam meghatározása két módszerrel is lehetséges:

- bukóképlet

- köbözés

A bukóképlet: $Q = c * h^{\frac{5}{2}}$

Ahol:

c – vízhozamtényező

h – átbukási magasság

h [m]	0,05	0,75	0,1	0,175	0,25
c [m ^{1/2} /s]	1,427	1,408	1,398	1,382	1,375

6. táblázat: Vízhozamtényező értékei az átbukási magasság függvényében^[6.]

Thomson-bukónál a bukótényezőt jó közelítéssel fel lehet venni 1,4-nek.

A köbözéses vízhozammérés során egy térfogatmérésre alkalmas edényre és egy stopperóra van szükség. A köbözés során mérjük az időt (t) , és az edényben felfogott vizet (V). A vízhozam a kettő hányadosa:

$$Q = \frac{V}{t}$$

A köbözést fel lehet használni a bukó hitelesítésére is. A bukóhitelesítés során a bukón átbukó vízhozamot köbözéssel megmérjük, így a bukóképletben csak a bukótényező marad ismeretlenként.

A szikkasztó méreteinek felvétele után kiszámoltuk a kisműtárgy terheit. A szikkasztó terheléseit teherkombinációkba rendeztük.

A szikkasztó terhelései lehetnek:

- önálló terhelések:
 - önsúly
- állandó terhelések:
 - földnyomás
 - acélbetét
- esetleges terhelések:
 - hóteher
 - víznyomás

A földnyomás számításánál 5 kN/m^2 térszíni terhelést vettünk figyelembe.

Teher	Teher jellege	Teher értéke
Földnyomás	Felületi teher	$5,0 \text{ kN/m}^2 - 9,84 \text{ kN/m}^2$
Acélbetétek	Vonalmenti teher felületen	$0,63 \text{ kN/m}$
Hóteher	Vonalmenti teher felületen	$1,25 \text{ kN/m}$
Víznyomás	Felületi teher	$9,81 \text{ kN/m}^2$

7. táblázat: Vasbeton kisműtárgy terhei

A felállított teherkombinációk:

- 1. teherkombináció: Önsúly + Földnyomás + Acélbetétek + Hóteher
- 2. teherkombináció: Önsúly + Földnyomás + Acélbetétek + Víznyomás
- 3. teherkombináció: Önsúly + Földnyomás + Acélbetétek + Hóteher + Víznyomás

A teherkombinációk közül a harmadik teherkombinációt tekintettük mértékadónak.

A vasbeton kisműtárgy számításait Axis VM programmal készítettük el. A program a végeelem-módszert használja a számításai során.

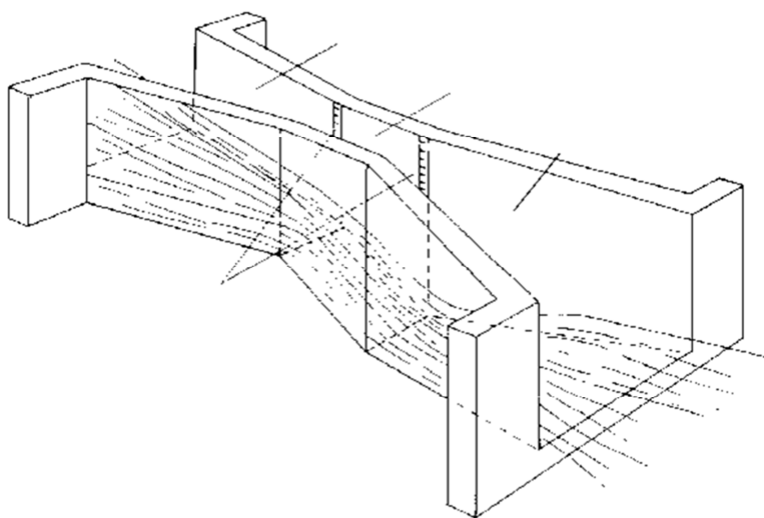
„A végeelem-módszer numerikus eljárás, aminek a segítségével fizikai problémákhoz rendelhető matematikai modellek vizsgálhatóak, oldhatóak meg. A megoldásfüggvénynek a numerikus értékeit határozzuk meg a vizsgált tartomány kijelölt pontjaiban. Lineáris, statikai

problémák elmozdulás-módszerrel történő megoldása esetén a megoldásfüggvény a szerkezet elmozdulás függvénye. A végelem-módszerrel vizsgálhatunk statikai, dinamikai, hővezetési feladatokat.”^[8.]

5.2 Parshall-csatorna kialakítása:

A területről lefolyó csapadékvíz mérésére, a vasbeton kisműtárgy alternatívájaként egy Parshall-csatorna beépítését terveztem. A kivitelezés egyszerűsége, az alacsonyabb költségek és az észlelés egyszerű automatizálhatósága miatt esett a választásom a Parshall-csatornára.

A Parshall-csatorna fenéksurrantóval, néha kiemelt küszöbvel ellátott oldalkontrakciós mérőműtárgy. Megépítése egyszerűbb a határoló síkfelületek miatt.



8. ábra: Parshall-csatorna^[4.]

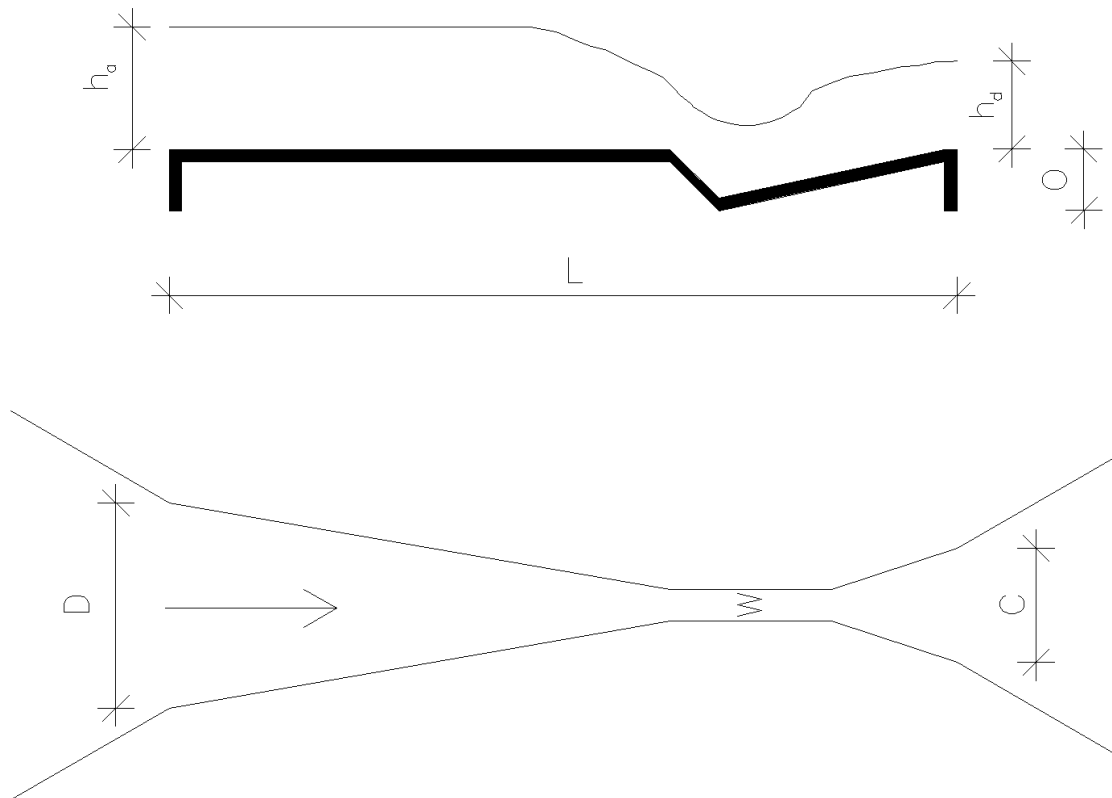
A tervezett Parshall-csatorna műszaki adatai:

- $W = 2,54 \text{ cm}$
- $C = 9,29 \text{ cm}$
- $D = 16,75 \text{ cm}$
- $L = 63,5 \text{ cm}$
- $O = 5 \text{ cm}$
- $h_d/h_a = 0,6$
- $a = 0,0609$

- $b = 1,552$

A Parshall-csatorna vízszállítása: $Q = a * h_a^b$ [m³/s]

A tervezett Parshall-csatorna 3,3 – 80,6 l/s-os térfogatáram tartomány mérésére alkalmas.



9. ábra: A Parshall-csatorna műszaki adatai

A Parshall-csatorna után ismét TB 20/30/30 mederburkoló elemmel kerülne továbbvezetésre a víz. A mederburkoló elem egy szikkasztóágyba juttatná el a vizet.

A szikkasztóágy téglalap keresztzelvényű. A szikkasztóágy 1,5 méter széles, és 70 cm kavicstöltés kerül bele. A szikkasztóágy hossza 15 m. A szikkasztóágy térfogata így 15,75 m³, a szikkasztási felület 2,9 m²/fm. A szikkasztóágyat nagyméretű mosott (kulé) kavicsal kell feltölteni.



10. ábra: Szikkasztóágy

6. Monitoring-rendszer

6.1 Mennyiségek monitorozása:

A tervezett kísérleti városi kisvízgyűjtő mellé javasoltam egy monitoring-rendszer tervezését, mivel így észlelni lehet a következő paramétereket:

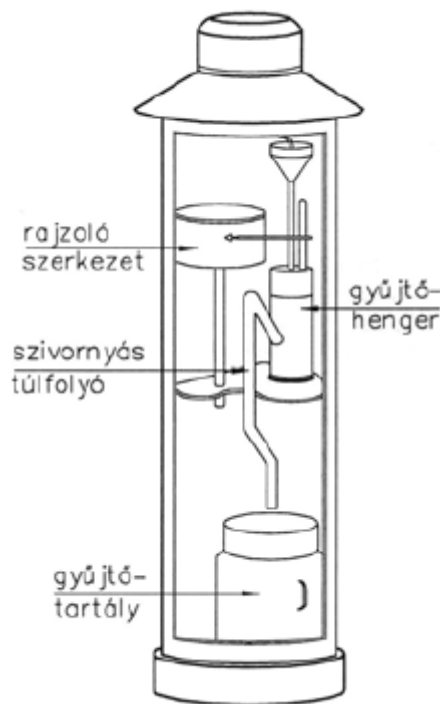
- csapadék
- talajvíz
- térfogatáram a műtárgynál
- lefolyó víz minősége
- léghőmérséklet mérés

-
- szélirány – és sebesség mérés

A monitoring-rendszer két változatát készítettem el. Az első változat automata műszerekből áll, a második változatnál az észlelés manuálisan történik.

Az automata monitoring-rendszer részei:

- Hellmann-rendszerű csapadékmérő (ombrográf)
- Parshall-csatornához ultrahangos vízszintérzékelő
- Talajvízszint regisztráló



A Hellmann-rendszerű csapadékmérő működése:

A 2 dm² területű nyíláson bekerült csapadékvíz csövön keresztül egy henger alakú edénybe kerül. A hengerben egy úszó folyamatosan a víz felszínén úszik. Az úszóttest egy fémrúddal kapcsolódik az írókarhoz. Az írókar végén lévő írótoll a forgó hengerre erősített regisztráló-lapra rajzolja a csapadékmennyiséget.^[1.]

11. ábra: Ombrográf^[1.]

Ultrahangos vízszintérzékelő:

A vízszint változását EasyTREK ultrahangos szintérzékelővel lehet mérni. A mérési adatokat HART kommunikációs vonalon továbbítja a MultiCONT jelfeldolgozónak. A jelfeldolgozót RS485-ös soros porttal számítógéphez is lehet kapcsolni.^[5.]

Talajvízszint regisztráló:

A talajvízszint regisztrálására vízszintregisztráló szonda kerülne beépítésre a talajvízkútba. A vízszintregisztráló szonda a felette lévő víz nyomását méri, és abból számolja vissza a vízszint magasságát a műszer felett. A talajvízszint pontos észleléséhez ismerni kell a légnyomást is. A talajvízszint észlelésére LevelloggerEdge típusú, automata digitális vízszintregisztrálót terveztem. A LevelloggerEdge M10-es modellét terveztem beépítésre. Az M10-es modell 10 m-es vízszintingadozás mérésére képes, 5 mm-es pontossággal. A vízszintérzékelő szonda

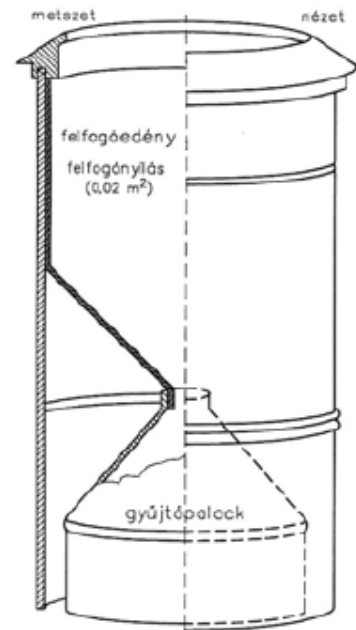
mellé tervezem egy légnyomás-érzékelő szonda beépítését is. A légnyomás-érzékelő szonda az Envirottools által forgalmazott BarologgerEdge légnyomás-érzékelő szonda.

A manuális monitoring-rendszer részei:

- Hellmann-rendszerű csapadékmérő (ombrométer)
- Thomson-bukó
- Kézi talajvízszint észlelés

A Hellmann-rendszerű csapadékmérő működése:

A Hellmann-rendszerű ombrométer kettős falú, alumínium csapadékmérő. A nyílás területe 2 dm^2 , a gyűjtőpalack 70 mm magasságú csapadék tárolására szolgál. A felfogott csapadékvíz mérésére mérőhengert alkalmaznak. A gyűjtőpalackból a vizet mérőhengerbe töltik, ahol a csapadék tized mm élességgel leolvasható.^[1.]



12. ábra: Ombrométer^[1.]

Thomson – bukó:

A bukó derékszögű háromszögszelvényű bukó. A bukólemezt függőlegesen, a bukóélet pedig vízszintesre kell beállítani. Az átbukási szelvényt tisztán kell tartani. A térfogatáram mérését az 5.1. pontban leírtak szerint kell végezni.

Kézi talajvízszint észlelés:

A kézzel történő mérés során ismernünk kell a kútfej peremének abszolút magasságát. Ha nem ismerjük, szintezéssel meg kell határozni. A talajvízszint mérését végezhetjük inerciális vagy akusztikai berendezésekkel. Az inerciális berendezések egy dobból, az arra tekert kábelből, és a kábel végén lévő súlyból állnak. Ha a gravitációs erő hatására lecsavarodó kábel végén lévő súly eléri a talajvízszintet, akkor egy fékezőmechanizmus azonnal megállítja. Az akusztikus elven működő műszerek legelterjedtebb a sípoló talajvízszintmérő. A sípoló talajvízszintmérő egy felül zárt, alul nyitott üres hengerből áll. A henger fedőlapjába

kis lyukakat fúrnak, és a hengert mérőszalagra rögzítik. A hengert addig kell eresztani, amíg fűtülő hangot nem hallunk. A fűtülő hangot a víz által a hengerből kiszorított levegő adja.^[1.]



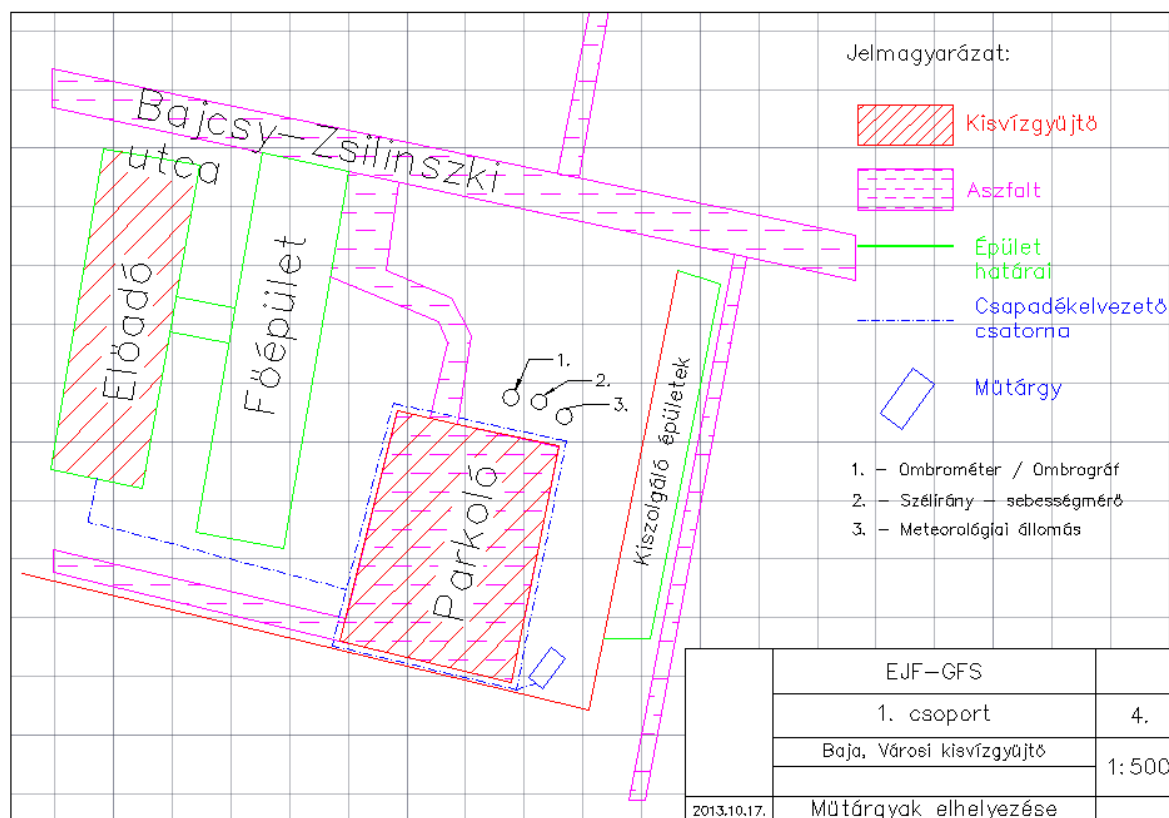
13. ábra: Sípóló talajvízszintmérő

A kézi talajvízszint észlelés pontossága körülbelül 1 cm.

Mindkét monitoring-rendszer részeként sor kerül léghőmérséklet valamint szélirány és szélsébség mérésekre.

A léghőmérő egy szabványos, fehérre festett meteorológiai állomáson kerül elhelyezésre. A léghőmérséklet mérése naponta egy leolvasással, minimum – maximum hőmérővel történne.

A szélirány – és sebesség mérése UNITEK WM szélirány és szélsébségmérő műszer kerül beépítésre. Az adatokat RS-232 vagy RS-485 soros portokon is lehet kérdezni. A műszer ~ 10 m magasan kerül elhelyezésre. A műszer mágneses érzékelőkkel működik. A szélsébség érzékelő mérési tartománya 0,5 – 50 m/s, pontossága $\pm 0,5$ m/s. A széliránymérő pontossága $\pm 3^\circ$.^[12.]



14. ábra: Műtárgyak elhelyezése

6.2 Vízhinőség monitorozás:

A városi területekről származó lefolyás jelentős szennyezőanyagokat tartalmaz. Ezek eredete lehet: ^[7.]

- Atmoszferikus kiülepedés:
- Közlekedés, és kapcsolódó tevékenységek
- Városi tevékenység
- Erózió
- Növényi eredetű szennyezés

A tervezett minőségi monitorozás során az alábbi komponensek mérése történne:

- pH
- Vezetőképesség
- Összes lebegőanyag

-
- Összes nitrogén, Összes foszfor
 - Nehézfémek: Ólom, Kadmium, Higany, Cink

A pH és a vezetőképesség mérése helyszíni pH- valamint vezetőképesség mérő elektródával történne. Az összes lebegőanyag meghatározása mintavétel után, laboratóriumban gravimetriás méréssel, a nehézfémek meghatározása fotometriás mérésekkel történne. A mérések a Főiskola Félüzemi Víztechnológiai Telepén lennének végrehajtva.

A fenti egyedi méréseken kívül a pH és a vezetőképesség mérés automatizálására is van lehetőség.

A tervezett monitoring-rendszerrel kielégítően lehet vizsgálni a városi lefolyást, és annak befolyásoló tényezőit. A városi lefolyás és így a városi áradás által okozott károk csökkentésére jelentene megoldást a zöldtetők építése.

7. Zöldtetők

„Zöldtetőnek nevezzük azokat a növényzettel borított födémeket, ahol a kertészeti és a szigetelési rétegek szerves egységet alkotnak.” [9.]

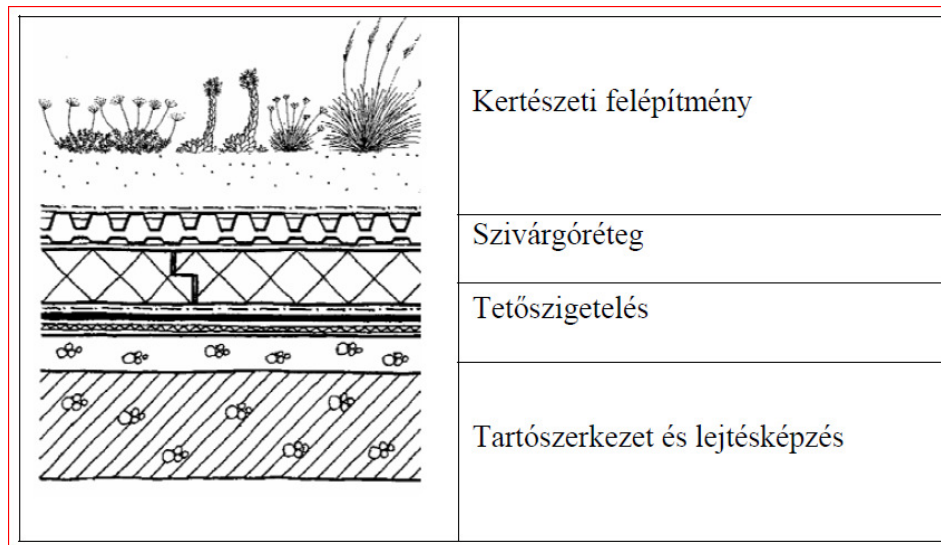
A zöldtetők fontos tulajdonsága, hogy a lehulló csapadék jelentős részét visszatartják illetve a csapadékcúcsok esetén a lefolyó csapadékvízet jelentősen késleltetik. Ezt jól mutatja, hogy a zöldtetők lefolyási tényezője 0,30 körüli (a lehulló csapadék körülbelül 30 %-a folyik le).

A zöldtető építésével segítjük az esővíz elszennyveződésének megakadályozását, azáltal, hogy szétválasztjuk a szenny- és csapadékvíz csatornákat, valamint a potenciális szennyező forrásokat megvédjük az áradásoktól. [10.]

A zöldtető építés céljai: [11.]

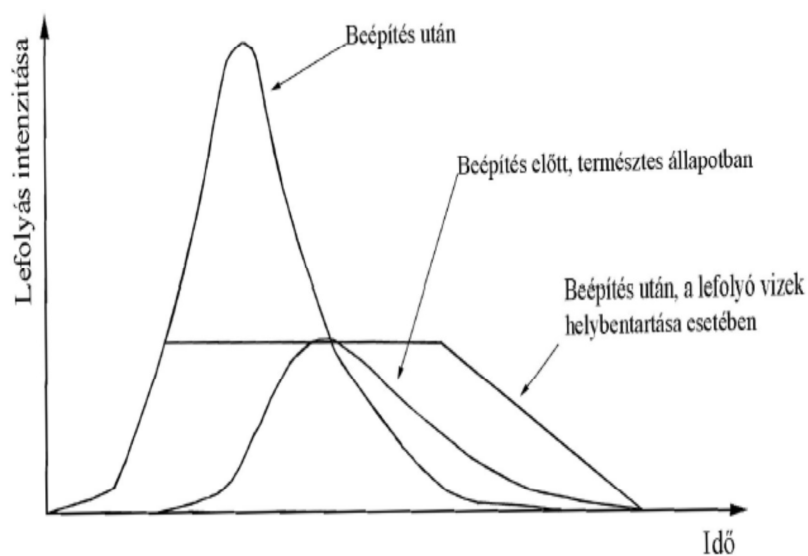
- Vízvisszatartás
- Tető élettartamának növelése
- Lokális imisszió csökkentése
- Hűtő-hatásának kihasználása
- Biodiverzitás megőrzése
- vízminőség javítása

- Zajhatás csökkentése
- Tető kellemes/esztétikus helyé alakítása



15. ábra: A zöldtető rétegei ^[10.]

A tetőszigetelések két fő rétege a vízhatlan, gyökérálló csapadékvíz-szigetelés és a hőszigetelés. A két fő réteg mellett még a választott tetőszigetelési mód függvényében kerülnek elhelyezésre alátét- vagy elválasztórétegek. A szivárgóréteg a tetőszigetelés és a kertészeti felépítmény között helyezkedik el. Feladata a vízáteresztés, a vízlevezetés, a vízmegtartás illetve a szellőztetés. ^[10.]



16. ábra: A beépítés hatása a felszíni lefolyásra^[10.]

Kertészeti szempontból két jól elkülöníthető típusa:

- extenzív zöldtető
- intenzív zöldtető

A zöldtető típusa	Extenzív	Intenzív
Ültetőközeg	6 – 15 cm	25 – 200 cm
Növényzet	Szárazságtűrő	Talajszinti kerthez hasonló
Öntözés, Gondozás	Nem szükséges	Szükséges
Súly	Csekély	Jelentős lehet

8. táblázat: Zöldtetők típusai kertészeti szempontból^{10.]}

A zöldtetőket tovább lehet osztályozni az ültetőközeg mélysége és a karbantartás-igényük alapján. Az építőiparban a következő zöldtetők megnevezések az elfogadottak:

Zöldtető típusa	Leírás
Könnyű extenzív (Lightweight extensive)	Alacsony biodiverzitás Alacsony víz-visszatartás Előnevelt vegetációs szőnyeg
Nagyon könnyű (Super lightweight)	Áll egy vékony (~12 mm) elvezető rétegből, egy vízvisszatartó szőnyegből és egy előnevelt (~25 mm) vegetációs szőnyegből Minimális terhelések Néha öntözés szükséges Hajlamos a kiszáradásra
Extenzív (Extensive)	Kisebb, mint 100 mm vastag ültetőközeget, amit nem kell sűrűn öntözni Alacsony karbantartási-igény Limitált víz-visszatartás Előnevelt vegetációs szőnyeg
Fél-intenzív (Semi – intensive)	100 mm – 200 mm vastag ültetőközeget Közepes karbantartási-igény Ültethető növények szélesebb skálája Csapadékvíz csillapítás
Intenzív (Intensive)	200 mm-nél vastagabb ültetőközeget Magas karbantartási-igény Néha öntözni kell Csapadékvíz csillapítás Kellemes helyé lehet alakítani

9. táblázat: A zöldtetők további osztályozása ^{11.]}

7.1 Zöldtető a Főiskolán

A zöldtetők fent említett tulajdonságai, különösképpen a lefolyás-befolyásoló tulajdonsága miatt tartottam érdemesnek, hogy a kísérleti városi kisvízgyűjtő témáján belül foglalkozzak vele. Ebben az esetben egy extenzív zöldtetőben kell gondolkodni, mivel nem cél a kellemes környezet kialakítása a Főiskola tetején, a hangsúlyt inkább a zöldtetők lefolyás-befolyásoló tulajdonságára kell helyezni.

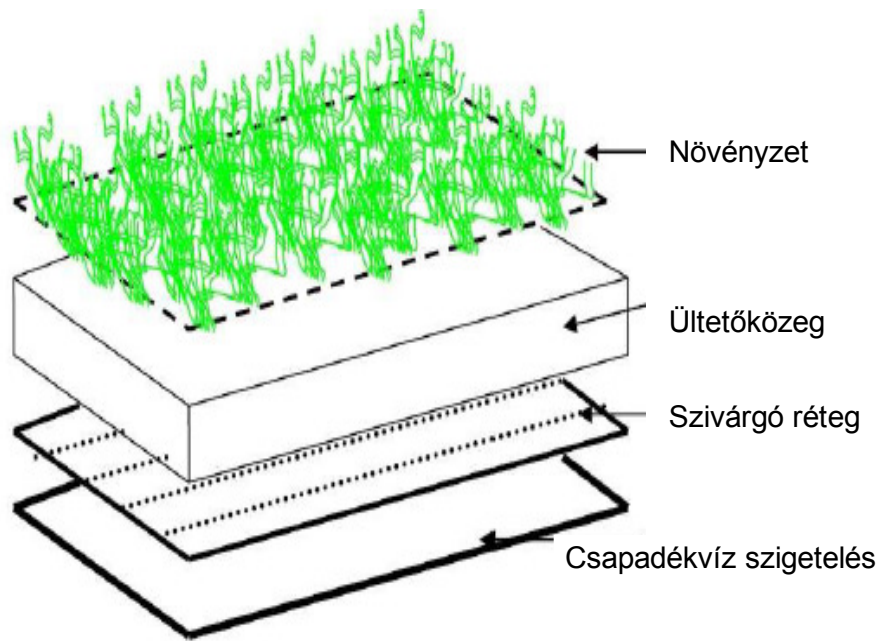
A zöldtető kiépítésére két változatot készítettem el:

- zöldtető az előadó tetején
- zöldtető az előadó tetején, a főépület tetejének bevonása a kísérleti városi kisvízgyűjtőbe

Az első változatban a kísérleti városi kisvízgyűjtő kivitelezése után megkezdődik a monitorozás. A monitorozás megkezdése után 2 évvel kerülne kivitelezésre a zöldtető az előadó tetejére. Az extenzív zöldtetőt először a minimális 6 cm vastag ültetőközzel látnánk el. A rétegrend a 15. ábra szerint kerül kialakításra. A mérések folytatása során a Főiskolán lehetőség nyílik a zöldtetők hatásainak, különösképp a lefolyás-csökkentő hatás vizsgálatára. Újabb két év múlva el lehet kezdeni összefüggést keresni a zöldtető ültetőközzének vastagsága és a visszatartott csapadékmennyiség között. A kiépült zöldtető ültetőközzének vastagságát két évente lehetne 2 cm-el növelni, a maximális 15 – 16 cm-ig.

Az első változat hátránya, hogy a zöldtető kiépítésével megszűnne a lehetősége a tetőfelületekről lefolyt csapadékvizek monitorozásának.

Ezért a második változatban a főépület tetejét is bevonnánk a kísérleti városi kisvízgyűjtő területébe, így lehetne folytatni a szabad tetőfelületek monitorozását, miközben az első változat is folyamatosan működne.



17. ábra: A zöldtetők tipikus rétegrendje^[10.]

FLL² ajánlások extenzív zöldtetőkhöz:^[13.]

A következőkre kell figyelni:

- A szél és a napsugárzás intenzitásának hatása a vízkészletre
- Ezek a növények érzékenyek a levegőben található kémiai szennyeződésekre

A következő növényeket ajánlottak:

- Mohafélék
- Varjúháj

Az ültetőközeg vastagsága 6 és 15 cm között legyen.

A szivárgóréteg tartalmazzon:

- tetőkivezetés
- belső csatornázás

² FLL: Tájépítési, Környezetfejlesztési és Kutatási Társaság
Bonn, Németország

-
- csatornázás
 - csapadékvíz levezetés
 - vésztúlfolyó

A szél elleni védekezésről gondoskodni kell a sarkoknál, a tető szélénél és a középső területeken.

8. Összefoglalás

A dolgozatomban bemutattam a kísérleti városi kisvízgyűjtőket, és azok jellemzőit. Végigkísértem egy kísérleti városi kisvízgyűjtő tervezését a terepi felmérésektől, a feldolgozáson át műtárgyak, a monitoring-rendszer és a vonalvezetés kiválasztásáig, megtervezéséig. A dolgozatomban törekedtem a minél egyszerűbb módszerek alkalmazására, a kivitelezés egyszerűségére. Munkám során felhasználtam a geodézia, a hidrológia, a hidraulika és a mechanika módszereit és összefüggéseit. A műtárgyak tervezésén túl egy zöldtető építését is lehetségesnek látom a Főiskolán.

A kísérleti városi kisvízgyűjtő kivitelezése után tervezzük a monitoring-rendszer mihamarabbi felállítását és indítását, valamint a zöldtető kiépítését. Az elkészült kísérleti városi kisvízgyűjtővel célunk vizsgálni a városi lefolyási viszonyokat, a lefolyt csapadékvizek mennyiségét és minőségét, valamint a zöldtetők (és azok különböző változatainak) hatását ezekre.

Leendő építőmérnökként fontosnak tartom a környezetet érő káros hatások csökkentését, ideális esetben azok megszüntetését.

A tanulmányomban a saját javaslataimmal a rendelkezésre álló mennyiségi és minőségi adathalmaz és szakmai ismeret alkalmazásával ez irányban tettem lépéseket

Forrásjegyzék:

1. Dr. Szlávik Lajos - Sziebert János, Hidrológia és Meteorológia, 3. kiadás, Baja, Eötvös József Főiskola Műszaki- és Közgazdaságtudományi Kar, 2010
2. MI-10-455/2-1988, Műszaki Irányelv, 1988
3. http://csomiep.eu/termekkepek/pdf/1-2_TB_20-30-30-2.pdf
4. Dr. Varga Csaba, Földméréstan és vízgazdálkodás előadás, Nyíregyházi Főiskola
5. http://www.nivelco.com/site.php?upar=PRODUCT&pro_id=81205&lang=hu
6. Zellei László, Hidraulika, Baja, Eötvös József Főiskola Műszaki – és Közgazdaságtudományi Kar, 2006
7. Gayer József – Ligetváry Ferenc, Települési vízgazdálkodás; Csapadékvíz elhelyezés, Budapest, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 2007
8. Dr. Fodor Tamás - Dr. Orbán Ferenc - Dr. Sajtos István, Végeselem-módszer elmélet és alkalmazás, Budapest, Szaktudás Kiadóház Zrt., 2005, ISBN 9789639553484
9. <http://zeosz.hu/zoldtetokrol-es-tipusai/>
10. Horváthné Pintér Judit - Mrekva László, A zöldtetők szerepe a csapadékvíz felhasználásban, (<https://www.e-epites.hu/793>)
11. www.greenroofguide.co.uk
12. <http://unitek.hu/fejleszteseink/79-szelsebesseg-es-szeliranymer>
13. The Roof-Greening Working Group, Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-roof sites, Bonn, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 2002, ISBN 3-934484-81-6

Ábrajegyzék:

1. ábra: Műholdkép a területről	3
2. ábra: Helyszínrajz.....	3
3. ábra: Lejtőkategória térkép.....	6
4. ábra: Becsült árhullámkép.....	10
5. ábra: TB 20/30/30 mederburkoló elem ^[3.]	13
6. ábra: TB elem lefedése 50/200 padkafolyókával ^[3.]	14
7. ábra: Vasbeton kisműtárgy	15
8. ábra: Parshall-csatorna ^[4.]	18
9. ábra: A Parshall-csatorna műszaki adatai.....	19
10. ábra: Szikkasztóágy	20
11. ábra: Ombrográf ^[1.]	21
12. ábra: Ombrométer ^[1.]	22
13. ábra: Sípoló talajvízszintmérő	23
14. ábra: Műtárgyak elhelyezése	24
15. ábra: A zöldtető rétegei ^{10.]}	26
16. ábra: A beépítés hatása a felszíni lefolyásra ^[10.]	27
17. ábra: A zöldtetők tipikus rétegrendje ^[10.]	30

Táblázatjegyzék:

1. táblázat: Átlagos lejtés számítása.....	7
2. táblázat: Visszatérési időkre jellemző állandók ^[2.]	10
3. táblázat: A parkoló számítási eredményei.....	11
4. táblázat: A tető számítási eredményei.....	12
5. táblázat: TB 20/30/30 mederburkoló elem vízzállító képessége ^{3.]}	14
6. táblázat: Vízhozamtényező értékei az átbukási magasság függvényében ^[6.]	16
7. táblázat: Vasbeton kisműtárgy terhei	17
8. táblázat: Zöldtetők típusai kertészeti szempontból ^{10.]}	27
9. táblázat: A zöldtetők további osztályozása ^{11.]}	28