

# III. Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia 2021

## Tanulmányok

Szerkesztette  
Bíró Tibor



**LUDOVIKA**  
EGYETEMI KIADÓ

# Tartalom

<i>A tanulmánykötet szerzői</i>	7
<i>A szerkesztő előszava</i>	9
I. rész – Az integrált települési vízgazdálkodás témakörében elhangzott előadások publikációi	11
Balatonyi László – Hegyi Zoltán: A közút forgalma által okozott szennyeződések terjedésének vizsgálata a közúti csapadékvíz-elvezetésben	13
II. rész – A kutatás, innováció és legjobb gyakorlat témakörében elhangzott előadások publikációi	23
Bana Zsolt – Balogh Balázs – Rác Tibor: Neurálishálózat-alapú vízállás-előrejelző modellek a budapesti kisvízfolyásokon	25
Kozák Péter: Csapadékvíz-gazdálkodási kérdések az Alsó-Tisza vízgyűjtőjén	45
III. rész – A stratégia, gazdaságpolitika és oktatás témakörében elhangzott előadások publikációi	63
Máthé Katalin: A kulcsvonalmódszer alkalmazása vonal menti struktúrák létesítésére	65
IV. rész – A település- és lakosságvédelem témakörében elhangzott előadások publikációi	83
Hábermayer Tamás: Az éghajlatváltozás jövőbeli hatásai a települési csapadékvízre – tudatos tervezés a rendkívüli események elhárítása kapcsán	85
Márton Attila: A Szuha-pataki árvízcsúcscsökkentő tározó hatásának elemzése Ecseg település villámárvizekkel szemben való védettségére	93
Bene Viktória – Cimer Zsolt: Csapadékvíz-gazdálkodás kontra veszélyhelyzet kialakulása a veszélyes ipari üzemekben	105
V. rész – Az infrastruktúra-gazdálkodás, -üzemeltetés témakörében elhangzott előadások publikációi	113
Nagy Zoltán András: Kibertámadások víziközművek ellen	115
Hetsi Zsolt – Mrekva László: Szélsőséges csapadék kezelése a mezőgazdasági gyakorlatban	127
VI. rész – Az előrejelzés, méretezés és tervezés témakörében elhangzott előadások publikációi	137
Rác Tibor: Hellmann–Fuess-csapadékirók szisztematikus hibájának korrekciója a feldolgozott záporadatokban	139

## A tanulmánykötet szerzői

*Balatonyi László:* osztályvezető, Települési Vízgazdálkodási Osztály, Országos Vízügyi Főigazgatóság; adjunktus, NKE Víztudományi Kar Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék

*Balogh Balázs:* okleveles építőmérnök, FCSM

*Bana Zsolt:* okleveles térképész

*Bene Viktória:* PhD-hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola; Honvédelmi Minisztérium Hatósági Főosztály

*Cimer Zsolt:* egyetemi docens, oktatási dékánhelyettes, tanszékvezető, NKE Víztudományi Kar Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék

*Hábermayer Tamás:* tűzoltó ezredes, megyei igazgatóhelyettes, Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság

*Hegyi Zoltán:* környezetvédelmi albizottság-vezető, MAÚT; ügyvezető igazgató, VIKÖTI Kft; vezető tervező

*Hetesi Zsolt:* egyetemi docens, NKE Víztudományi Kar, Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék

*Kozák Péter:* okleveles építőmérnök, igazgató, Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság

*Márton Attila:* okleveles építőmérnök, csoportvezető, Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság Vízyűjtő-gazdálkodási Csoport

*Máthé Katalin:* tudományos munkatárs, NKE Víztudományi Kar Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék

*Mrekva László:* mesteroktató, NKE Víztudományi Kar, Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék

*Nagy Zoltán András:* egyetemi docens, NKE Rendészettudományi Kar Bűnügyi, Gazdaságvédelmi és Kiberbűnözés Elleni Tanszék

*Rácz Tibor:* okleveles építőmérnök, PhD-hallgató

Máthé Katalin

## A kulcsvonal módszer alkalmazása vonal menti struktúrák létesítésére

### **A települési csapadékvíz hasznosításának szabályozási háttere Magyarországon**

A publikáció bevezetéseként jelen fejezetben a magyarországi szabályozást ismertetjük röviden.

*A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény és az OTÉK*

Magyarországon az általános építészeti gyakorlatban a víz bármilyen formájának jelenléte fenyegetésként jelentkezik, amelyre a szakmai válaszadás a védekezés valamilyen formája. Annak ellenére, hogy az adott ingatlanra hulló csapadékvíz a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvényben az ott lakó tulajdonát képezi, annak hasznosítása kevés esetben történik meg. Az önkormányzatok nagy erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy a telken belüli csapadékvíz-elvezetés kialakítását a tulajdonosok az Országos Településrendezési és Építési Követelményekről (OTÉK) szóló 253/1997. (XII. 20.) kormányrendelet 47. paragrafusa által kötelező jelleggel előírtaknak megfelelően oldják meg, azaz hogy a víz a terepen, a szomszédos telken és az ott lévő építményekben, illetve a közterületen kárt (áztatást, kimosást, korróziót stb.) ne okozzon, és hogy a rendeltetészerű használatot ne akadályozza.

Általánosságban kevesen érvényesítik tulajdonosi jogukat, a csapadékok ritkán gyűjtik vagy szivárogtatják el ott, ahol lehullott, és az elvezetés számos rendelettel korlátozott útját választják. Az OTÉK szerint a csapadékvíz a szomszédos magáningatlanra nem vezethető át, valamint a közterületi nyílt vízelvezető árokba is csak zárt szelvényű vezetékben, az utcai járdaszint alatt juttatható el. A közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény 42. paragrafusának 3. bekezdése alapján pedig „a közút műtárgyának minősülő árokba, csatornába vagy más

vízvezető létesítménybe a közút területén kívüli területekről származó vizeket bevezetni csak a közút kezelőjének hozzájárulásával szabad” [1].



*1. ábra: Az ingatlanok tulajdonosai a csapadékvizet még a növényzet öntözésére sem használják; az általános, szabálytalan gyakorlat a víz kivezetése az ingatlan előtti járdára (a szerző felvétele)*

*Az 1/1986. (II. 21.) ÉVM-EüM együttes rendelet és a 2011. évi CCIX. törvény végrehajtásáról szóló 58/2013. (II. 27.) kormányrendelet*

Mivel a közterületi vízgyűjtő-szikkasztó árkok a közlekedés biztonságossága miatt épültek, és a közút felületének víztelenítését szolgálják, a karbantartásukról, tisztításukról gondoskodni kell, ami szintén a határos ingatlan tulajdonosok feladata amellet, hogy saját telkükről a vizet ide csak külön engedéllyel vezethetik. További korlátozást és fenntartási kötelezettséget fogalmazznak meg a köztisztasággal és a települési szilárd hulladékkal összefüggő tevékenységről szóló 1/1986. (II. 21.) ÉVM-EüM együttes rendelet 6. paragrafus 1. bekezdésének a) és b) pontjai, miszerint a tulajdonos köteles az ingatlana előtti járdaszakaszt tisztán tartani és a csapadékvíz zavartalan lefolyását akadályozó anyagokat és más hulladékokat onnan eltávolítani.

Ezenfelül nehézségek merülnek fel olyan településeken, ahol a szennyvíz-csatornázás elválasztó rendszerben épült ki. Az ilyen esetekről a víziközműszolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 58/2013. (II. 27.) kormányrendelet 85. paragrafusának 5. bekezdése

rendelkezik: „Elválasztott rendszerű szennyvízelvezető műbe csapadékvizet, egyesített rendszerű szennyvízelvezető műbe a víznyelőn keresztül szennyvizet, továbbá elválasztott rendszer esetén a csapadékvíz-elvezető műbe szennyvizet juttatni tilos.” A 6. bekezdése pedig kimondja: „Ha elválasztott rendszerű szennyvízelvezető hálózatba csapadékvíz bevezetésére kerül sor, és ezt a gyakorlatot a felhasználó a víziközmű-szolgáltató felszólítása ellenére tovább folytatja, a víziközmű-szolgáltató a jogellenes állapotot a felhasználó költségére megszüntetheti. A szennyvízelvezető törzshálózatba jogellenesen bevezetett csapadékvíz mennyisége után a víziközmű-szolgáltató üzletszabályzatában meghatározott pótdíjat számolhat fel.” [2]

### **A víz mint a rombolás metaforája**

Mindezekből leszűrhető a fennálló alapkonfliktus: a településeken a nagyarányú burkolt terület miatt keletkező jelentős mennyiségű nem beszivárgó csapadékvíz kezelését ugyan kötelező jelleggel, büntetést magával vonó módon szabályozzák, az a keretrendszer, amelyben a csapadékvíz pozitív elemként jelenne meg, nem létezik. Ennek hiányában nehezen várható el, hogy a lakosok ezt a saját tulajdonukat képező vizet értéként kezeljék, miközben a szabályozás csak az ingatlanokon, illetve közterületeken álló építményekre gyakorolt károsító hatásairól tesz említést, tökéletesen megalapozva és fenntartva egy aquafób állampolgári magatartást.

A legnagyobb jóhiszeműség mellett is a lakosok azzal a helyzettel szembe-sülnek, hogy mindenki csak szabadulni akar a romboló hatású víztől, maguknak pedig kötelességük egy viszonylag nehezen karbantartható és költséges rendszer (utcai járdaszint alatti zárt szelvényű vezeték) kiépítése és jól felfogott érdekükben hibamentes működtetése úgy, hogy kevés információ érhető el a jelen csapadékmennyiség és -intenzitás terhelésére megfelelően méretezett ilyen jellegű műtárgy kiépítéséről, miközben a közterületeken elhelyezett befogadórendszer sem mutatkozik az új helyzetre kellően átgondoltnak. Tapasztalati tény, hogy a felszíni vízmozgásokat szabályozó rendszerek kiépítése csak akkor megoldás, ha azok folyamatos működése, illetve a változó körülményekhez való igazíthatósága biztosított, ennek hiányában több kárt tudnak okozni, mint amennyi problémát megoldanak.

## Megoldási minták meglévő települések számára

A kialakult helyzet megoldására, javítására már több mintát is kidolgoztak, közülük egy éghajlati és területi szempontból releváns példát mutatunk be az alábbi fejezetben.

### *A megoldandó probléma*

A víz akut hiányának megtapasztalása nélkül szemléletváltásra csak kis mértékben lehet számítani. Az adott környezetet használó lakosság magatartás-alkotásának sikere is csak akkor megalapozott, ha rendszerszintű változás következik be, és a csapadékvíz teljes útját átgondoló, egységes, mindent átfogó kezelési módot vezetünk be. A helyi érdekek képviselőire alakult környezeti szervezetek formális részvétele ilyen projektekben anélkül, hogy eredményeként a polgárok legalább a létrehozandó változások alapelveit megismernék, hatástalan.

A rendszerszemlélet a rész és az egész viszonyát úgy határozza meg, hogy a rész holografikus leképezése az egésznek, tehát annak minden fontos információját tartalmazza. Ha tudástranszfer nem következik be, és a lakosok nem ismerik fel, hogy saját tulajdonuk egy átfogó rendszernek a lokális, kis léptékű megnyilvánulása, amely rendszer életképessége ezeknek a mozaikdarabkáknak a megfelelő kialakításán alapul, csak áthidaló, ideiglenes kárrendezési események jöhetnek létre.

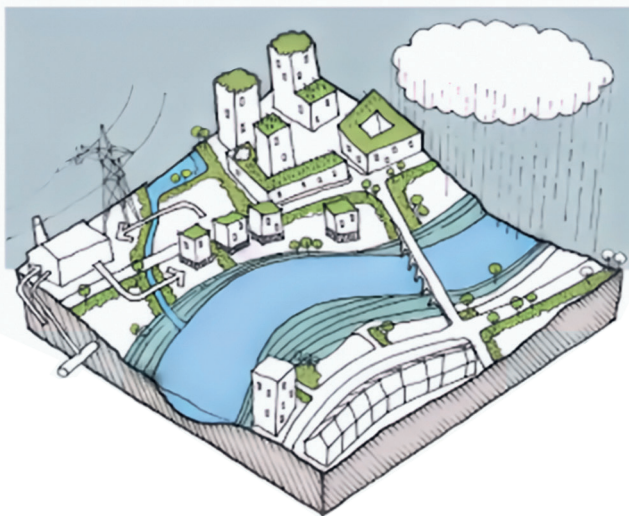
### *Ausztrália példája, a vízérezékeny várostervezés*

Ezen a téren követendő példaként olyan országok gyakorlatai felé érdemes fordulni, ahol a hazánkban az utóbbi években megfigyelt csapadékeloszlási mintázat már korábban jelentkezett, és a vízellátottság általában is szűkös. Ausztráliában az előbbi körülmény a földrész belső, szavannás területeinek elsvatagosodásával, a korábbi monszunidőszak elmaradásával már a legújabb kori történelmének egyik alapeleme.

Mindezt tetézte az 1990-es évek legvégétől jelentkező aszályos évtized, amely 2019-től visszatérni látszik, két egymást követő rekordmértékben alacsony

mennyiségű csapadékot hozó év formájában [3]. Ebben a kényszerhelyzetben logikus lépés volt a szigetországnak a kertvárosi életmód miatt kiterjedt burkolt felülettel ellátott nagyvárosaiban a nem beszivárgó csapadékvíz kezelését megoldani. Az ezzel kapcsolatos kutatások már a hatvanas években megkezdődtek, az úgynevezett *urban stream syndrome* (városi folyó szindróma, a burkolatokról lemosódó szennyezett víz akadálytalan és gyors bejutása a környező vízfolyásokba) megjelenésére való reakcióként [4] [5].

A Dél- ausztráliai Egyetemen oktató John R. Argue professzor nevéhez fűződik az első városi csapadékvíz-kezelési tervezési útmutató (1994), amely a nem beszivárgó víz elvezetéséről, illetve beszivárogtatásáról vizesélőhely-rendszer kialakításával gondoskodik. A módszer ausztrál elnevezése *Water Sensitive Urban Design* (WSUD, vízérzékeny várostervezés). Hasonló gyakorlatot takar az Egyesült Államokban fejlesztett *Low-impact Development* (LID, alacsony hatású fejlesztés) és a *Sustainable Drainage System* (SuDS, fenntartható beszivárogtató rendszer), ahogyan ugyanezt az Egyesült Királyságban nevezik [6].



2. ábra: Egy vízérzékenyen tervezett város sematikus ábrája ([www.urbanfloodresilience.ac.uk/documents/library-talk-20.02.20-eodonnell.pdf](http://www.urbanfloodresilience.ac.uk/documents/library-talk-20.02.20-eodonnell.pdf))



A fő kihívás a csapadékvíz megtisztítása és a helyszínen tartása, ennek érdekében a városi környezetbe a természetes vízkörforgás létrejöttét elősegítő táji elemeket integrálnak (csapadékvízgyűjtők, ülepítőmedencék, vizes élőhelyek, vizesárok stb.). A vízerzékeny tervezés Ausztráliában nemcsak a vízmérnököket foglalkoztató kérdéskör, hanem a 21. század második évtizedétől kezdve az építészgyakorlat része is. Minden, a víz beszivárgását megakadályozó felület létesítése esetén a csapadékvíz hasznosításáról az építésznek kell a bevezetett szabályozásnak megfelelő megoldást javasolnia az engedélyezési tervdokumentációban.

A fentiekből is kitűnik, hogy a városi csapadékvíz-gazdálkodás nem egy elszigetelt problémakör, amely az ivóvíz- és szennyvízcsatorna-hálózattal való integrált kezelésén felül a városi úthálózat- és zöldfelület-tervezést, általában a közművesítést, valamint magát az építészeti gyakorlatot, a magántelkeken kialakított kerteket és a magánházak gépészeti megoldásait is befolyásolja. Ezért rendszerszemléletű megközelítést igényel nemcsak az érintett szakmák gyakorlótól, hanem a hálózatot használó és azt részben kialakítani, illetve fenntartani köteles lakosságtól is.

### *A permakultúra, Ausztrália ökológiai szemléletű tervezési stratégiája*

Ausztrália a helyi közösségnek a környezet alakításába való bevonásában is élen jár; a permakultúra nevet viselő, ezt a problémakört összességében kezelő környezettervezési megközelítés megalkotói, a biológus Bill Mollison (1928–2016) és az ökológus David Holmgren többéves közös munkájának eredménye. E módszer első kézikönyve Holmgren korábban Masters-disszertációként benyújtott, *Permaculture One* címmel 1978-ban publikált kötete.

Ez a magát nemzetközi mozgalommá kinövő fenntartható területgazdálkodási módszer az első évtizedekben a magángazdaságok művelési módjaira koncentrált, de az utóbbi évtizedben fontos fejlődési irányvonala lett a kertvárosi életmód fenntarthatóvá tétele is. Holmgren kiterjedt kísérleteket folytat ezen a területen, amelynek tanulságait 2018-ban kiadott *RetroSuburbia: the downshifter's guide to a resilient future* [7] című munkájában foglalta össze, segítséget nyújtva a családiház-tulajdonosoknak, hogy a környezetüket önerőből, közösségi összefogással fenntarthatóvá alakítsák, oly módon, hogy abban a csapadékvíz hasznosítása elsőrangú helyet kap.

## P. A. Yeomans és az ökológiai területgazdálkodás

Az alábbi fejezetben Percival Alfred Yeomansnak a föld termékenysége növelésére irányuló munkásságát ismertetjük.

A permakultúra rendszerét alkotó 12 fő téma (köztük tervezésmódszertan, klimatikus viszonyok, fás növénytakaró, talaj, földmunkák, társadalmi vonatkozások) összekötő motívuma a Parsifal Alfred Yeomans bányamérnök munkásságán alapuló vízkezelés. Yeomans a második világháború után bevezetett mezőgazdasági adókedvezményeknek köszönhetően fordult a fenntartható mezőgazdaság felé, ekkor vásárolt befektetésként Sydney közelében egy ezerhektáros terméketlen földterületet. Üzletemberként úgy érezte, hogy egy önfenntartó gazdaság anyagi támogatással történő beindítása hosszú távon minden bizonnyal jövedelmező tevékenység lesz.

Ebben az időben bányászati geológiai tanulmányait kamatoztatva megalapította és vezette a szigetország egyik legsikeresebb külszíni szénfejtéssel foglalkozó vállalatát, így az új birtokán elvégzendő földmunkákhoz nemcsak a teljes gépparkja, hanem a kiemelkedő munkatapasztalata is megvolt. Ezzel az anyagi és szellemi háttérrel felszerelve kezdett bele 1944-ben a kísérleteibe, amelyeknek kezdeti vezérfonalát az akkoriban az Ausztráliában is tért hódító United States Army Corps of Engineers (Egyesült Államok Hadserege Mérnöki Hadtest) által kidolgozott talajkonzervációs módszerek, majd ezek sikertelensége után saját, különösen a vízelvezetés terén szerzett bányászati tapasztalatai adták [8].

Az ökológiai agrár-szakirodalom olvasásával kiegészülve a módszer alapelvei az 1950-es évek közepére kristályosodtak ki, amikor a Yeomans-farmra hétvégeként látogató érdeklődők tömegének hatására – legnagyobb részük gazdálkodó volt, de néhány mezőgazdasági szakember vagy kutató is odalátogatott – ismertető könyvek sorának írásába kezdett, amelyeket saját gondozásában adott ki (*The Keyline Plan*, 1954, *The Challenge of Landscape: the Development and Practice of Keyline Concept*, 1958, *The City Forest*, 1971 és *Water for Every Farm*, 1973) a tervezői megbízásainak teljesítésén túl [9] [10] [11].

Yeomans saját forrásaihoz és céljaihoz igazította kísérleteit, és nagyrészt tapasztalati úton jutott módszere főként faromméretben kipróbált és alkalmazott tervezési elveihez. Vállalkozóként a terv elemeinek kivitelezéséhez szükséges felszereléseket (földmérő eszközök, kifolyók, csapok) és a műveléshez javasolt eszközöket (Yeomans vésőeke, Graham eke, tritter, ripper) kevés meglévő példa alapján fia, Allen Yeomans (1931) közreműködésével maga fejlesztette, gyártotta

és forgalmazta, adott esetben kölcsönözte, és szabadalmi oltalmat is kért rájuk. Ugyan felesége halálakor vállalkozása csődöt volt kénytelen jelenteni az örökösödési adók anyagi terhei következtében, Allen fia a családi céget később újraalapította Yeomans Plow Co. (Yeomans Eke Vállalat) néven, és a cég a mai napig foglalkozik szaktanácsadással és az eszközök készítésével.

### *A forma szerepe az ökológiai szemléletben*

A természet tervezési stratégiájának alapelvei a táj formáiban öltenek testet, amelyek árulkodnak az őket alakító erők együttműködésének milyenségéről. A földdel és a rajta megtelepedő étellel foglalkozó tudományágak mindegyike rendelkezik morfológiai megközelítésből rendszerezett ismeretekkel. Az ökológikus tájhasználat tárgyalt művelői a forma fogalmához a szélesebb, eredeti jelentését rendelik, amely túlmutat a modern, a formát az alakkal azonosító és csak a felszíni jellemzők megfigyelésére szorítkozó értelmezésen. A forma tehát egy jelenség úgy külső, mint belső rendeződésének leírása, amely utóbbit általában funkciónak hívnak, és elkülönülten kezelnek – a funkció a forma integrált része, annak aktív alakítója, ható oka.

Az azonos körülmények között létrejövő egyező formák azonos működésekre utalnak, és e ható erők változatlan jelenlétére számítani kell a tervezéskor. Ezek alakító munkát fognak végezni az ember beavatkozásán is, hogy az együttműködve, dinamikus egyensúlyban létezhesen e kölcsönhatásban. A forma funkcióra is kiterjesztett értelmezése a rendszerszemléletű tervezés leglényesebb ismérve, miszerint egy területet nem statikus tárgyak összességének fog fel, amelyet akár egy importált technológia telepítési háttereként kezelhet, hanem a természeti vagy városi környezetet folyamatok dinamikus kölcsönhatásának állandóan változó lenyomataként érzékeli. A formálás célja, hogy csapdába ejtse a kialakítandó rendszerbe eső energiát, az entrópiáját meghosszabbítsa, és ezt a leadott energiát saját hasznára kifejtett munkavégzésre fordítsa.

### *Vízvonalak*

A tervezést informáló mintázatot a domborzati felszínen létrejövő vízmozgások rajzolják ki – a szintvonalat, gerincvonalat és a lefolyásvonalat –, amelyet

Yeomans egy saját maga által definiált domborzati ponttal és a rajta keresztülhaladó szintvonallal egészített ki. Ezt kulcspontnak, illetve kulcsvonalnak nevezte el, ezzel is sugallva a terület kialakítandó vízháztartásában játszott kitüntetett szerepét. Mivel az ember számára élhető terület kívánatos hidrológiája az éltető víz folyamatos és kielégítő mennyiségének biztosítása és egyenletes eloszlása, ezért Yeomans módszere ennek a célnak az elérésére született.

E vízvonalak mindegyike görbe, amiből következik, hogy a terület egyenes vonalak mentén való felosztása, illetve lineáris struktúrák telepítése a víz természetes viselkedését előnytelen módon változtatja meg. A kívánatos egyenletes eloszlás és lassú mozgás helyett a vizet bizonyos pontokra koncentrálják, és ezáltal növelik a sebességét, aminek következtében nemcsak az eróziós tevékenység indul meg, amelynek korrigálása folyamatos energiabefektetést követel a terület kezelőjétől, hanem a rendszerbe kerülő csapadékvíz sem tud hatékonyan hasznosulni. Ezért Yeomans módszerében az egyenesek helyett a természetes görbék által rajzolt formai mintázatok határozzák meg a víz tározását és a földekre kijuttatását, az állatok itatóhelyeinek, a farmon vagy városon belüli utak, építmények, tisztások és fák helyét; az alkalmazható művelési módokat és a farm általános irányításának elveit [12].

### **Egy állékony táj elemei és egymáshoz való kapcsolatuk**

Az alábbi fejezetben a Yeomans-féle tájtanatómiát, illetve annak szerepét ismergetjük.

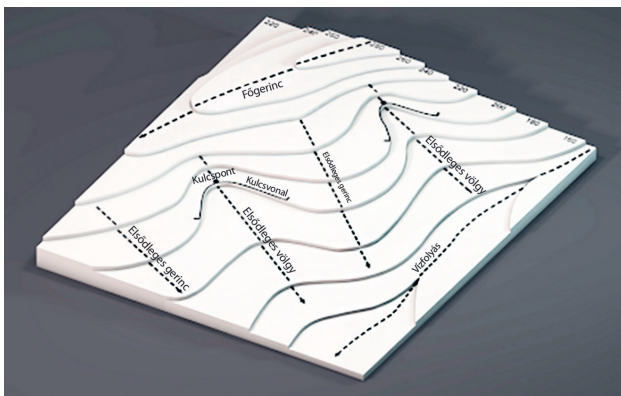
#### *Kulcsvonal-permanencialépcső*

Yeomans hierarchikus rendet állított fel a tervezést meghatározó tényezőkből. A legállandóbb elemből, az éghajlatból indult ki, és innen haladt az egyre csökkenő állandóságú (és ezért az ember által befolyásolható) elemek felé, összesen nyolc lépésben, amit „kulcsvonal-permanencialépcsőnek” nevezett el:

1. éghajlat;
2. domborzat;
3. vízellátás;
4. utak;

5. fák;
6. permanens épületek;
7. elválasztások, kerítések;
8. talaj.

Az első tényező, a klíma a természetes talajtakaró és a domborzat – a második tényező – alakítója. A területre érkező víz – a harmadik faktor – az első ember által igazán befolyásolható elem. A víz és a földfelszín kapcsolódási módjai szerint három természetes vízvonalt különböztethet meg: (1) kontúrvonal, (2) lefolyásvonal, (3) vízgyűjtő területek választóvonalá – ami egybeesik a főgerincek taréjvonalával. A domborzati formák három fő alakja: (1) a legkisebb tájforma, az elsődleges völgy (*primary valley*), amelyet (2) elsődleges gerincek (*primary ridge*) szegélyeznek; (3) a főgerinc (*main ridge*) pedig az adott terület égre írt kontúrja. Az elsődleges völgyek meredek felső szakasza a főgerinc oldalaitól formálódik [11].



3. ábra: A Yeomans-féle tájanatómia ([www.permaterra.fr/projet-keyline-design](http://www.permaterra.fr/projet-keyline-design))

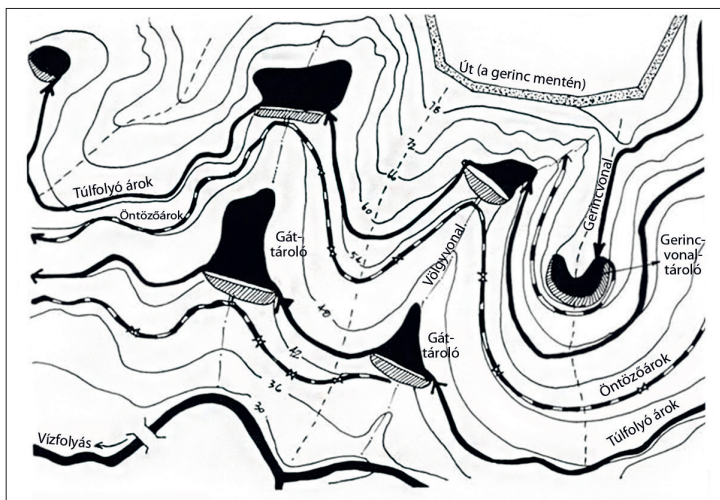
### *Kulcsvonal és kulcspont*

Az elsődleges völgyek felső végződése a legmeredekebb lejtő a tájban. Ez a meredek szakasz rövid, ami egy ponton laposabb és hosszabb szakaszra vált. Ez a pont, ahol a völgy lejtése meredekből lankásra vált, a kulcspont (*keypoint*).

Az a kontúrvonal, amely ezen a ponton áthalad a völgyben az egyik végétől a másikig, a völgy kulcsvonala (*keyline*). Az elsődleges völgy a vizét az őt körülzáró gerincekről gyűjti; egyrészt a főgerincről, amelyből kiindult, és a két oldalán lévő elsődleges gerincekről. Amikor esik, a víz az elsődleges gerincről folyik le először, és ez az első lefolyás, ami megszűnik az eső után. Az elsődleges gerinc a föld legnagyobb egyedi alakja. Mivel a főgerincen kívüli összes többi gerincet jelentik, és az elsődleges völgyek a legkisebbek, az elsődleges gerincek több földfelszínt borítanak, mint a másik két alak együttvéve [9].

Az elsődleges völgyek kiemelt szerepet kapnak Yeomans tervezési stratégiájában, mivel a víz számára a legmagasabb gyűjtőpontot, a kulcspontot tartalmazzák. Ez az a pont, ahol a területet meg lehet erősíteni a víz támadása ellen. Esőzéskor a víz a felszín nagy részét elfoglaló gerincekről hamar lefut, és az elsődleges völgyekben (ezek a legkisebb tájformák) koncentrálódik, ahonnan, ha nem ütközik akadályba, közvetlenül az alattuk lévő vízfolyásokba érkezik. A beérkező víz viselkedése tudatos megváltoztatásának leghatékonyabb módja az elsődleges völgyekben való koncentrálódásának megakadályozása és ezzel mozgásának lassítása. Mivel az elsődleges és a főgerincek területi kiterjedése a legjelentősebb, ezért az itt jelentkező víztömeggel való bánásmód kritikus. Az alkalmazható két módszer a beérkező víz egyenletesebb elosztására, amellyel Yeomans is él: (1) az ide érkező víz beszívargásának növelése és völgybe jutási útjának megváltoztatása és (2) a völgyekbe érkező víz gyűjtése tározókban és azokból kijuttatása a területre az aszályos időszakokban.

Ennek elérésére a Yeomans által kikísérletezett eszköz két újabb vízvonal létrehozása volt. Az egyik a csapadékvíz lefolyását megakadályozó kulcsvonal, amely az elsődleges völgy már említett kulcsvonalán keresztül futó szintvonal. A kulcspont egyben a terület legmagasabb potenciális víztározó helyét is kijelöli, ahova a kulcsvonal feletti vízgyűjtő területre hulló maximális vízmennyiségre méretezett földfalú víztározó építendő. Ennek van egy kifolyója, amely a második új vízvonalat látja el vízzel, ez pedig a tárolt vizet öntözésre hasznosítja, tehát öntözőcsatorna. Ezek az új vonalak különböznek a természet vonalaitól, mivel az előbbieket nem keresztezik egymást, ezek pedig úgy az elsődleges völgy lefolyásvonalán, mint az elsődleges gerinc vízválasztó vonalán áthaladnak. Folytatódhatnak a területen, hogy több elsődleges völgy szivárgási vonalát és vízválasztó vonalat is keresztezzenek, ezáltal több vízgyűjtő egységterületet is összekapcsolhatnak [10].



4. ábra: Víz tározók kulcs pontokon [9 p20]

### *A vonalak mentén kialakuló zónák*

Yeomans ezekről az új vízvonalakról is úgy gondolkodik, mint a természetekről, hogy kiépítésük után a táj anatómiájának permanens elemeivé válnak, és a nyolcfokú permanencialépcső alsóbb fokain lévő elemek pozícióját is meghatározzák. A víz után közvetlenül következő tényező, a sorban a negyedik, az utak egyike a kulcsvonal mentén fut végig a telekhatárokig. Ez az út lehatárolóként egy új zónát (első zóna) is képez azzal, hogy elválasztja a főgerinc és az elsődleges völgyek felső szakasza által elfoglalt magas vízgyűjtő területet a helyszín többi részétől. Egy másik út a terület legmagasabb szakaszán, a főgerinc választóvonalára mentén vezet, hogy ezt a legfelső zónát kiszolgálja. Ide telepítendő a szélfogó erdősáv és az épületek, a permanencialépcsőnek az utak után következő ötödik és hatodik tényezői.

A második zóna alsó határa a víztározók alatt futó öntözőárok mentén létesített út, ami szintén keresztülfut a teljes birtokon. A harmadik zóna az öntözőterületeket foglalja magában; az alsó határa egy újabb szintvonalcsatorna, amely a túl intenzíven lehulló csapadék esetén az öntözött részen beszivárogni nem tudó további lefolyást kontrollálja. Az ez alatt elhelyezkedő negyedik zóna

a terület legalsó szakaszán (feltételezetten) végighúzódó vízfolyásig tart. A második, harmadik és negyedik zóna egy farm esetén gazdálkodási terület, ahova az odajutó vízmennyiségnek megfelelő felhasználási mód – legelő, szántó vagy erdő – települ. Yeomans a talajjavítás és a permanencia elérése érdekében a minél vegyesebb művelésű gazdálkodást szorgalmazta, ahol sokféle növény és állat él egy területen [10].

Város esetén a legfelső zónában a kormányzat középületei, az üzleti élet építményei és terei foglalnak helyet a főgerincen haladó főút mentén. A második-harmadik zóna lakófunkciójú, a negyedik zóna a városi erdő, a rekreáció helye, ide kerülnek a városi szennyvíztisztító telepek is, és az innen kikerülő kezelt, de még tápanyagban gazdag víz kijuttatásával táplálják az erdő növényzetét. Ennek köszönhetően a legalsó vízfolyásba a talajon átszűrődve kerül csak víz, amely nemcsak hogy nem szennyez, de a vízjárás egyenletességét is biztosítja. Yeomans felhívta a figyelmet az így keletkező összkép szépségére is: a közel kontúrvonalak mentén tagozódó város a görög amfiteátrumokat idéző, tájba illeszkedő képződmény. A sávos elrendezés ellenére a kulcsvonal módszerrel tervezett városok méretkorlátosak, méretüket pedig a bennük keletkező szennyvíz tisztításához szükséges városi erdő nagysága határozza meg [11].

A zónák további tagolódása az elsődleges gerincekre épült utak mentén történik, amelyek egyben a hosszanti utakat – amelyekre közel merőlegesek – kötik össze, és így együttesen adják egy farm feltáró útjait, illetve egy város közlekedési hálózatát. A fák telepítése is – ahol nem egybefüggő erdőfoltot képeznek – ezeknek az utaknak a mentén történik, hogy lombkoronájukkal árnyékoljanak, biomasszát képezzenek, szélfogók legyenek, és javítsák a levegőminőséget. Gyökérzetükkel gondoskodnak a víztisztításról, miközben a beszivárgó víz nedvességigényüket is kielégíti. Yeomans ezzel az úgy a városban, mint a gazdaságokban alkalmazandó tájstrukturálással nemcsak a szennyezés problémáját minimalizálja, hanem a víznek, a domborzat legerősebb támadójának lefegyverzéséről is gondoskodik az időben és térben egyenletes eloszlásával.

### *A Yeomans vésőeke szerepe*

A módszertan alkalmazásával a végrehajtott beavatkozások mindegyike engedi érvényesülni a tájalakító természetes erők harmonikus munkáját. Ez a harmónia abban az esetben tartós, ha mindennek az alapja, a talaj vízbeszivárgató és -megtartó képessége is maximális, amihez az ideális talajklímát kell

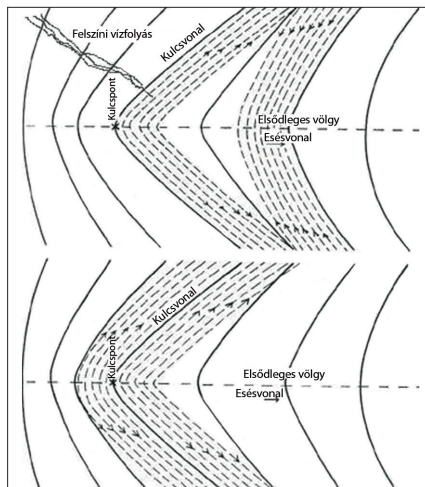


biztosítani. Ennek három tényezője a kellő nedvesség mellett a talajhőmérséklet és a talaj levegőzése. A talaj levegőztetésére Yeomans egy olyan ekét alkalmazott, amely úgy lazította fel a talajt, hogy felső rétegét nem fordította meg. Az eszközt kezdetben a texasi fejlesztésű Graham-Hoeme Chisel Plow szabadalma alatt gyártották, majd azt tapasztalatai alapján fiaival továbbfejlesztette, és saját szabadalmi oltalommal védve Yeomans név alatt forgalmazta [12].

A vésőeke használata több szempontból is előnyös. Egyrészt a hagyományos ekék a megmunkált föld megforgatásával új talajhorizontot hoznak létre, és a talajélet ilyen mértékű bolygatásával és takaratlanul hagyásával először a talajklíma romlását, majd talajeróziót idéznek elő. Yeomans tapasztalata szerint a talajélet leghatékonyabb (vissza)táplálása a növények elhaló gyökérzete által történik. Az ehhez szükséges gyökérzetpusztulást az ültetett növény kellő megerősödése után annak lelegettetésével vagy kaszálásával érte el. Egy ilyen sokk hatására a növény megáll a növekedésben, és regenerálódásához a gyökereiben felhalmozott tápanyagra hagyatkozik, aminek következtében a mélyebb talajrétegekbe elérő gyökerei elhalnak [8].

Mivel a vésőeke a mélyebb talajrétegek lazítását és levegőztetését is elvégzi, amelyekbe így képes a vegetáció a gyökérzetével behatolni, az újabb gyökernövekedés megindulásakor a magát összeszedő növény a korábban elhalt gyökérzete által tápanyagdúsabbá tett mélyebb rétegekbe is eljut. Itt több tápanyagot és nedvességet találva erősebbé, egészségesebbé és ellenállóbbá képes fejlődni, tovább lazítva a talajt, emelve annak vízbeszívárogató képességét, ezáltal maga is újabb tápanyagokhoz jut. A vésőekével a talajlazítás a legelőnövényzet meglepedése után is folytatható, mivel nem tépi ki a növényeket gyökerestől, csak mély barázdákat húz a földbe.

A vésőeke nemcsak talajlazítást végez a barázdák behúzásával, hanem ami még fontosabb, hogy a barázdák irányvonalának pontos kivitelezésével a víz természetes áramlási vonalát is megtöri. Yeomans a tájalakok vízzel való kölcsönhatásának tanulmányozásakor megfigyelte, hogy a víz természetes mozgása szerint haladva a legkisebb tájalak, az elsődleges völgyek állékonyságát kezdi ki azzal, hogy oda koncentrálódik, míg a nagyságrendekkel nagyobb elsődleges gerinchálózatról sietősen távozva ezt a legnagyobb kiterjedésű tájalakot szinte szárazon hagyja. Ennek megakadályozására, hogy a víz a legrövidebb úton, a völgyön keresztül gyorsan távozzon, a képzett barázdák a vizet az ellenkező irányba, a völgyből kifelé a gerincekhez terelik.

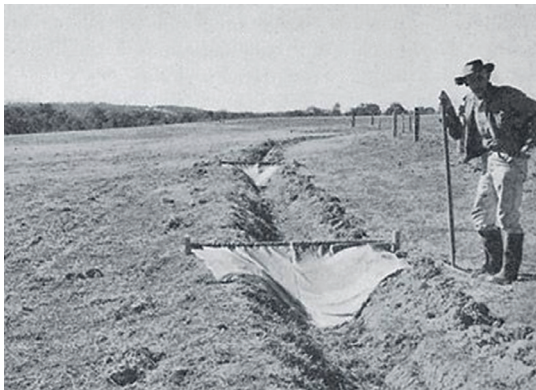


5. ábra: A vésőeke által húzott vízelterelő barázdák [9 p24)

Ehhez Yeomans vezetőként a kulcsvonalat használta, amely nem csak azért viseli ezt a nevet, mert ez a kulcsponton – azon a ponton, ahol a föld megerősíthető a víz támadásai ellen – keresztülvezető szintvonal. A kulcsvonal a tájban az a szintvonal, amely alatt és felett párhuzamosan a talajba vésott barázdák a természetes áramlási vonalat megtörik, és a vizet a völgyből a gerincekre terelik. Mivel a talaj lejtése sosem egyenletes, ezért a kontúrművelés elmélete sem tud a gyakorlatban tökéletesen érvényesülni, hanem a valóságban egyes kontúrok közötti közelítőleg vízszintest követő művelésként valósul meg. Ez a csekély eltérés a vízszintestől a vésőeke által húzott barázdákban pont olyan lejtésű, hogy a természetes vízfolyás irányát megváltoztatva a víz összeterelődését a völgyben megakadályozza, és megtörténjen a gerinceken való vízbeszivárgás [11].

Ennek eredményeképpen a csapadék a területen egyenletesen oszlik el, és a lefolyás is csak mélyebben kezd el koncentrálni a völgyekben, ahol széles sávban vékony filmként halad lefelé, minimálisra csökkent sebességgel. Ezt a lefolyást tovább csendesíti és oszlatja el a korábban említett, az öntözendő területeket magában foglaló harmadik zóna alsó határára telepítendő újabb

szintvonalcsatorna. A vízvonalak és tározók hálózata a területre érkező összes esővizet hasznosítja, térben és időben egyenletesen elosztatva a Yeomans által kidolgozott árasztásos öntözési protokoll szerint. Ennek számos verziója létezik a terület éghajlatától és domborzatától függően – a kulcsvonal-permanencia lépéseit logikusan alkalmazva az éghajlat és a domborzat határozza meg az adott területre ideális vízkezelési stratégiát –, és alacsony eszköz- és élőmunkaigénye miatt a felmerülő öntözési költségeket a minimálisra csökkenti.



6. ábra: A Yeomans-féle árasztásos öntözés (<https://bark.today/en/water-management-the-key-line-principle/>)

## Összegzés

A kulcsvonal módszer egy adott terület hidrológiájának kiegyensúlyozásával éri el a permanencia állapotát, a rendszer legsérülékenyebb elemének, a talaj termékenységének a folyamatos megújulásához szükséges feltételek biztosításával. Yeomans nem a geológiai idő ritmusában keletkező, a geomorfológia által definiált tájakalokból indult ki, hanem az emberi léptékben releváns, a földtudomány számára ismeretlen, a legkisebb tovább nem osztható tájformákat különböztette meg. Rendszerének másik lényeges elemei a víz által erre a domborzatra rajzolódó vonalak, amelyek egy terület osztóvonalait és fő strukturáltságát, zónáit adják.

A vízgazdálkodás fő kihívása napjainkban a csapadékvíz egyenetlen időbeli eloszlása. Yeomans egy olyan régióban fejlesztette ki a módszerét, ahol ezek az időjárási viszonyok voltak a jellemzőek, ezért e kihívás megoldásaként a földfelszínre érkező víz térbeli egyenetlen eloszlására törekedett. Ugyan a kulcsvonalmódszert a csapadékvíz kezelésére alakította ki, bármilyen méretű felszíni vízfolyás vízjárásának kiegyenlítésére alkalmazható, mivel a víz térbeli koncentrációját akadályozza meg, és gondoskodik annak beszivárogtatásáról, illetve tározásáról és egyenetlen terítéséről. Ez a metódus alkalmazható úgy a mezőgazdasági földterületek, erdők vízerzékeny művelésére, mint új település-struktúra kialakítására.

### Felhasznált irodalom

1. 1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről
2. 58/2013. (II. 27.) kormányrendelet a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
3. Water in Australia 2019–20 [Internet]. Melbourne: Australian Government Bureau of Meteorology; 2021 [cited 2021 Nov 8]. 66 p. Available from: [www.bom.gov.au/water/waterinaustralia/files/Water-in-Australia-2019-20.pdf](http://www.bom.gov.au/water/waterinaustralia/files/Water-in-Australia-2019-20.pdf)
4. Argue JR, editor. Water sensitive urban design: basic procedures for 'source control' of stormwater. A Handbook for Australian practice [Internet]. St Laurent: Australian Water Association; 2004 [cited 2021 Nov 8]. 248 p. Available from: [www.unisa.edu.au/contentassets/d8b261f5e4c84572b2cda9e97a4e69aa/johnargue-wsud-basic-procedures-for-source-control-student-edition.pdf](http://www.unisa.edu.au/contentassets/d8b261f5e4c84572b2cda9e97a4e69aa/johnargue-wsud-basic-procedures-for-source-control-student-edition.pdf)
5. WSUD engineering procedures: stormwater. Melbourne: CSIRO Publishing; 2005.
6. Wong THF. Australian runoff quality: a guide to water sensitive urban design [Internet]. Milton Keynes: Engineers Media; 2006 [cited 2021 Nov 8]. 244 p. Available from: [www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/Learned%20Society/Resources-Guidelines%26Practice%20notes/Australian\\_Runoff\\_Quality\\_Guide\\_to\\_WSUD.pdf](http://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/Learned%20Society/Resources-Guidelines%26Practice%20notes/Australian_Runoff_Quality_Guide_to_WSUD.pdf)
7. Holmgren D. RetroSuburbia: the downshifter's guide to a resilient future. Melbourne: Holmgren Design Services; 2018. 592 p.
8. Hill SB. Yeoman's keyline design for sustainable soil, water, agroecosystem, & biodiversity conservation: a personal sociology analysis. In: Wilson BP, Curtis A, editors. Agriculture for the Australian environment: proceedings of the 2002 Fenner Conference. Albury: Charles Sturt University; 2003. p. 34–48.

Máthé Katalin

9. Yeomans PA. The Keyline Plan. Sydney: Keyline Publishing; 1954.
10. Yeomans PA. The challenge of landscape: the development and practice of Keyline Concept. Sydney: Keyline Publishing; 1958.
11. Yeomans PA. The city forest: the human environment revolution. Sydney: Keyline Publishing; 1971.
12. Holmes MJ. The geographical basis of Keyline [Internet]. Sydney: Angus & Robertson; 1960 [cited 2021 Nov 8]. Available from: [https://issuu.com/gboothby/docs/12.\\_the\\_geographical\\_\\_\\_\\_topographic](https://issuu.com/gboothby/docs/12._the_geographical____topographic)