

„POLLACKOS” TDK FÜZETEK

5.

A kötet a TÁMOP 4.2.2/B-10/1-2010-0029 számú, "Tudományos képzés műhelyeinek támogatása a Pécsi Tudományegyetemen" című projekt keretében készült.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszachenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Szerkesztette: Sz. Varga Lajos
Technikai szerkesztő: Schiffer Ádám
Lektorálta: Dr. Perényi László Mihály
Dr. Kvasznicza Zoltán

Kiadó: Pécsi Tudományegyetem
Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar
Pécs

Kiadásért felelős: Dr. Bachmann Bálint dékán

CARBOCOMP Számítástechnikai és Nyomdai Kft, Pécs

Felelős vezető:

ISSN 1586 – 3255

Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítások.....	5
<i>Gergely Dániel Zoltán</i> : Bizonytalanságok csővezetéki ellenállások számításánál.....	7
<i>Hohmann Balázs</i> : A környezeti térképezés módszerének elemzése és fejlesztése	29
<i>Horváth Bence</i> : „Bencés építészet” Magyarországon	47
<i>Koronczi Péter Attila</i> : Megfizethető építészeti igényesség. Levendulaszáritó pajta Egyházasdengelen	67
<i>Kovács Balázs–Süle Attila</i> : Forex – Devizaárfolyam előrejelző robot építése neurális hálóval	91
<i>Kovács Gábor</i> : Cölöpök terhelés-süllyedés diagramjának elméleti meghatározása	114
<i>Malkó Tibor</i> : Virtuális valóság alapú szimulációs környezet fejlesztése autonóm intelligens robotokhoz	141
<i>Matyó Edina</i> : Kas. Méh - lakás - építés.....	180
<i>Mizsei Anett</i> : Borl! Egy szlovén vár rendhagyó rehabilitációja	200
<i>Patkó Ákos – Wilk Péter</i> : Középfeszültségű szabadvezetéki hálózatok modellezése.....	222
<i>Perczel Áron</i> : Csaptelepek vízkibocsátása különböző kifolyás szabályozók alkalmazása esetén.....	248
<i>Várdai Attila</i> : Keretszerkezetek méretezése	267

Köszönetnyilvánítások

Immáron ötödik kötetét jelenteti meg a TDK dolgozatok válogatásának a PTE PMMIK (korábban PMMK) Tudományos Diákköri Tanácsa „Pollackos” TDK füzetek címmel. Abban a kivételezett helyzetben volt részem, hogy olyan munkatársakkal dolgozhattam együtt, akik magasan képzettek és rendkívül elkötelezettek, akik képesek megragadni és véghez vinni egy ilyen vállalkozást. Nagyra értékelem mindegyikük teljesítményét.

Köszönetet mondok mindazon nagyszerű szerzőknek, akik a kötetbe tett befektetéseikkel örökségük részeként maradandó hatást építettek. Hálás vagyok nekik, amiért kezdettől hittek ennek a munkának a sikerében, és semmi áldozatot nem sajnáltak.

Külön köszönet illeti Schiffer Ádám közreműködését, aki az elindulástól nélkülözhetetlen technikai szerkesztői munkát végzett, emellett pedig értékes hozzászólásokkal és tanácsokkal segítette a munkámat.

Komoly elismerés illeti a kötet lektorait, akik olajozottan bonyolították tennivalóikat.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetet mondok a TÁMOP 4.2.2/B-10/1-2010-0029 számú, „Tudományos képzés műhelyeinek támogatása a Pécsi Tudományegyetemen” című projekt munkatársainak a folyamatos támogatásért.

Pécs, 2013. április 17.

Sz. Varga Lajos

*Gergely Dániel Zoltán**

Bizonytalanságok csővezetéki ellenállások számításánál

Konzulens: Dr. Vajda József főiskolai tanár

Előszó

Az épületgépészeti tanulmányaimat 2009-ben kezdtem el, amikor szüleim beíratnak egy technikusi iskolába. Akkoriban nem szerettem ezt a szakmát. A kötelező nyári gyakorlaton, melyet édesapámnál töltöttem el, fordult a kocka. Hirtelen érdekelni kezdtek a „miért?”-ek. Mára az épületgépészettel való foglalkozás öröm számomra, mindig találok benne kihívásokat.

A dolgozat címét olvasva joggal vethető fel, milyen „bizonytalanságok”-ról beszélünk? Miért kell olyan dolgot feszegetni, amiről úgy véljük, mindent tudunk. Az épületgépészetben a mérnökök évek óta alkalmazzák a jól megszokott képleteket, illetve a számítógépes terve-

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Műszaki Tudományi Szekciójában *Elismerő oklevéllel* jutalmazták.

zói programok is a megszokott összefüggések alapján számolnak.

Munkámban a csőszűrlődési és az alaki ellenállási tényezőket vizsgálom, melyeket méréssel ellenőrzök. Kérdés: vajon a katalógusokban megadott szűrlődési nyomásveszteség diagramokon leolvasott értékek egyeznek-e a számítási eredményekkel? Abban az esetben, ha a csővezetési és alaki ellenállásokat lemérnénk egy mérőpadon, ugyanazokat az értékeket kapnánk? A szelepek és csővezetékek nyomásveszteség diagramjai 100%-ban fedik a valóságot, és nyugodt szívvel támaszkodhatunk ezekre az értékekre? Használhatók ezek az értékek akkor is, ha közvetlenül egymás után kötünk például két ferde szelepet? Az általam olvasott szakkönyvekben ezekre a kérdésekre nem találtam válaszokat.

Nagyon nehéz megmondani, hogy egy megtervezett-megépített rendszerben az évek alatt milyen kémiai és fizikai jelenségek fognak lezajlani. A katalógusokban megadott nyomásveszteség diagramok nem tartalmaznak korrekciós értékeket az esetlegesen megnövekedett fajlagos nyomásveszteség számítására. A diagramok és táblázatok csak új csővezetésekre értelmezhetők. Ilyen

esetekben megváltozhatnak a csővezetékek paraméterei, ami a tervezettől eltérő üzemeléshez vezethet.

Hogy ez pozitív vagy negatív irányú változást idéz-e elő, az attól függ, hogy a tervezőmérnök milyen adatokra méretezte a rendszert. Nyilván ez némi gondolkodással jár, hiszen tudnunk kell, milyen típusú rendszert építünk, amiből következtetéseket tudunk levonni, hogy körülbelül milyen változások fognak végbemenni. Annak érdekében, hogy ezekre a problémákra választ kapjunk, egy saját mérőpadot építettem,¹ melyen a kérdéses csővezetékek lemérhetők. A mérés-számolás víz közeggel történt.

Reynolds²- szám³

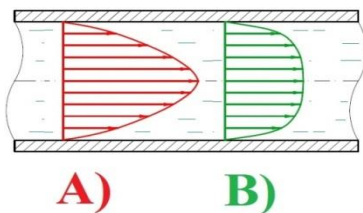
Osborne Reynolds kísérleteit a XIX. század második felében végezte. A víz áramlását vizsgálta festéssel, amiről megállapította, hogy csak egy adott áramlási sebesség fölött kezd turbulencia keletkezni a vezetékben.

¹ A mérőpad elkészítésében édesapám nagyon nagy segítségemre volt, amit ehelyütt is tisztelettel megköszönök.

² Osborne Reynolds (1842-1912) Angol származású matematikus és fizikus volt. A viszkózus folyadékokkal való kísérletek tették híressé. A tehetetlenségi –és súrlódó erők viszonyát kifejező számot róla nevezték el.

³ Vinkler Károly–Jávori Miklós: *Hidraulikai szabályozás I.* IMI International Kft. kiadványa, Budapest, 2005. 15–17. p.

A nevééről elnevezett szám egy dimenzió nélküli szám, amely megmutatja az áramlás jellegét. Ez lehet turbulens vagy lamináris. A turbulens áramlás egy örvénylő áramlást jelent, ekkor a $Re > 2320$. Amikor azt mondjuk, hogy az áramlás lamináris, akkor egy réteges áramlásról beszélünk, ahol $Re < 2320$. Tehát a $Re_{krit.} = 2320$ (gyakorlatban 4000).



1. ábra. Különböző áramlások sebesség megoszlásai

- A) Lamináris áramlás
- B) Turbulens áramlás

Homok érdekesség fogalma⁴

Az abszolút felületi érdekességet szokták homok érdekességnek is nevezni, mivel a belső felületi érdekességet úgy tudjuk meghatározni, hogy azonos méretű homokszemcséket viszünk fel a cső falára.

Csősúrlódási tényező - Moody diagram⁵

Johann Nikuradze⁶, Moody Lewis Ferry⁷, Ludwig Prandtl⁸ és Kármán Tódor⁹ szerint a csősúrlódási tényező meghatározása a diagram leolvasása alapján történik (Hagyományos Moody diagram). Ez a diagram arra szolgál, hogy az áramlás jellegétől és a csővezeték tulajdonságaitól függően meg tudjuk határozni a λ értékét.

⁴ Lajos Tamás, dr.: *Az áramlástan alapjai*. Dr. Lajos Tamás, Budapest, 4. átdolgozott és kibővített kiadás, 2008. 472. p.

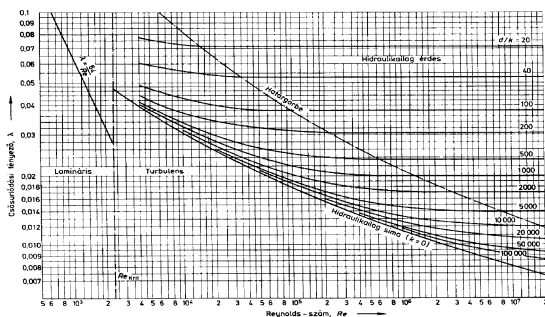
⁵ Uo.

⁶ Johann Nikuradze (1894–1979) grúz származású német mérnök. Az érdekes és sima csövek kísérletivel kiemelkedő eredményeket ért el.

⁷ Moody Lewis Ferry (1880–1953) Észak-amerikai mérnök. A róla elnevezett diagramot 1944-ben tette közzé.

⁸ Ludwig Prandtl von (1875–1953) Német áramlástanai kutató. Kiemelkedő tevékenysége a határreteg elméleti megteremtése. Az áramlástan elméleti és gyakorlati megközelítése közötti kapcsolat kialakítása is az ő nevéhez fűződik.

⁹ Kármán Tódor (1881–1963) magyar gépészmérnök, a Budapest Műszaki Egyetemen végzett 1902-ben.



2. ábra. Moody diagram

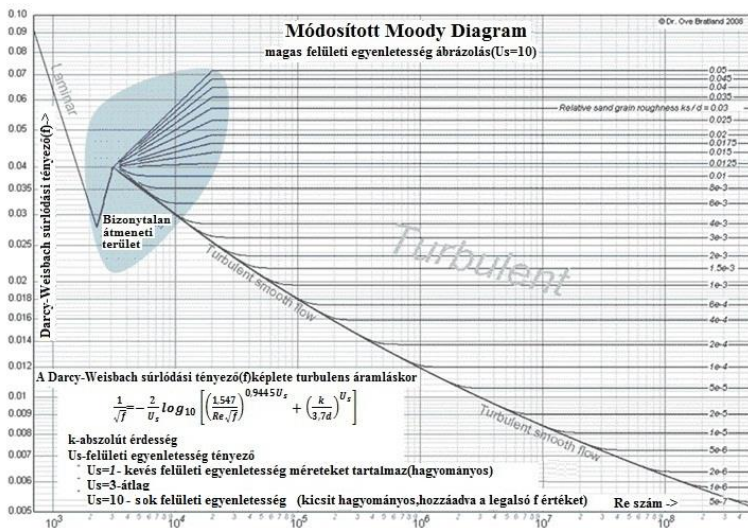
Lamináris áramláskor az ún. Hagen¹⁰–Poiseuille¹¹ egyenlettel határozható meg a csőszűrlődési tényező értéke. Turbulens áramlás esetében számos egyenletet tettek közzé a kutatók. Ilyen például a Colebrook¹²–White¹³ egyenlet. Több kutató arról számolt be, hogy szállító gázvezetéseknél a Colebrook–White képletet alkalmazva nagyobb nyomásveszteség értéket kaptak, mint ami a valóságban kialakult.

¹⁰ Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen (1797–1884) német fizikus és hidraulikai mérnök volt.

¹¹ Jean Louis Marie Poiseuille (1797–1869) francia orvos és fiziológus. Az emberi vérnek az áramlása érdekelte keskeny csövekben. Gotthilf Heinrich Ludwig Hagennel írásba foglalták és publikálták a róluk elnevezett, Hagen–Poiseuille törvényt.

¹² Cyril Frank Colebrook (1910–1997) brit fizikus volt. Cedric M. White-tal együtt dolgozott. A róluk elnevezett összefüggés: Colebrook–White képlet.

¹³ Cedric Masey White (1898–1993) brit fizikus volt.



3. ábra. Módosított Moody diagram

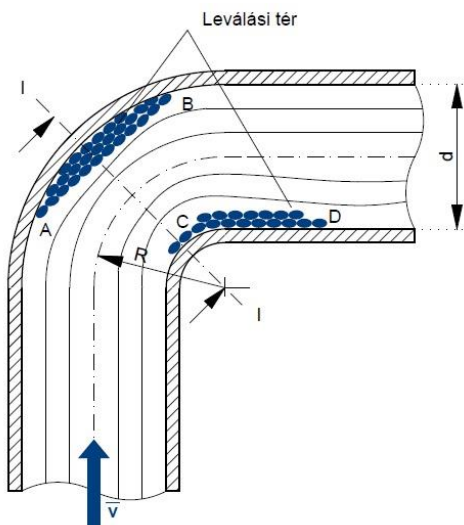
(Forrás: *www.drbratland.com* [2012. 10. 23.]

Mai kutatási eredmények alapján a csőszúrlódási tényező értéke pontosabban e diagram alapján határozható meg. A két diagram közötti különbségnek, valószínűleg az az oka, hogy régen többnyire laboratóriumi kö-

rülmények között vizsgálták a csősúrlódási tényező értékének az alakulását, ami a gyakorlatban ritkán fordul elő.

Az alaki ellenállás tényezők

A súrlódási veszteségeken kívül számolnunk kell az alaki ellenállásokból származó nyomásveszteségekkel egyaránt. Ilyen például egy könyök vagy egy szelep. Az ilyen idomoknak és szerelvényeknek az ellenállásait mérések alapján határozzák meg.



4. ábra. Áramlás ívcsőben

(Forrás: Bohl, Willi: *Műszaki áramlástan*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983. 112. p.)

Rézcsővezetékek ellenállásának vizsgálata

Rézcsővezetékek (R250) belső átmérő értékei az MSZ EN 1057 alapján (15*1mm)

Külső átmérő	Névleges belső átmé- rő(mm)	Legkisebb belső átmérő (mm)	Legnagyobb belső átmé- rő(mm)
15	13	12,65	13,35

Új rézcsővezetékek abszolút felületi érdesség értékei 0,001-0,002 mm között fordulhatnak elő. Használt rézcsővezetékeknél ez az érték 0,005 mm-re nőhet. Ezáltal elmondhatjuk, hogy a rézcsővezetékek különböző kombinációkban fordulhatnak elő, egy bizonyos határig. A legkedvezőtlenebb eset, mikor a belső átmérő a legkisebb és a legnagyobb az abszolút felületi érdesség és a legkedvezőbb, mikor a legnagyobb a belső átmérő és legkisebb az abszolút felületi érdesség.

Mérésekkor felvett adatok:

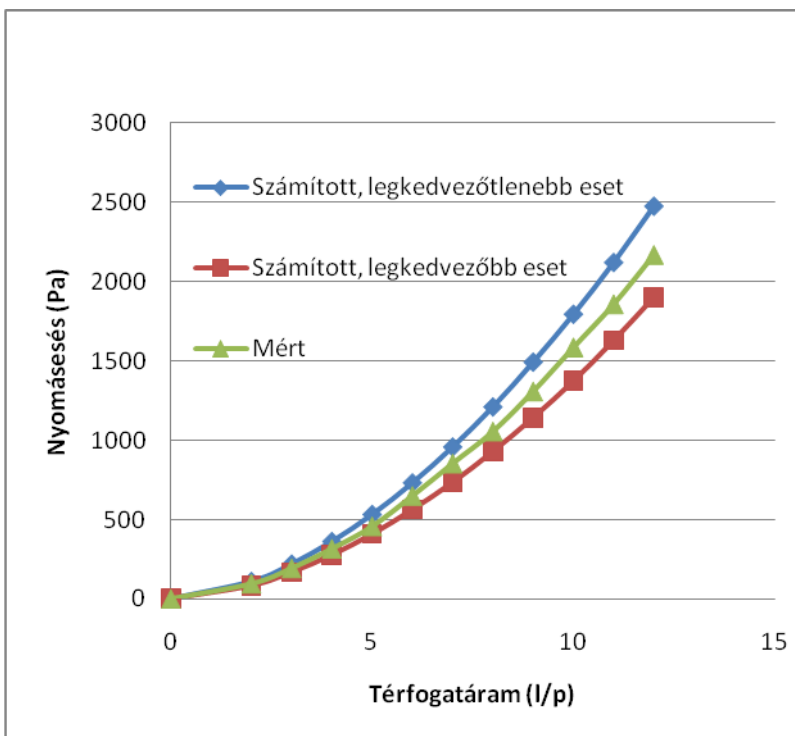
Környezeti hőmérséklet: **20°C**

Alkalmazott közeg: **víz**

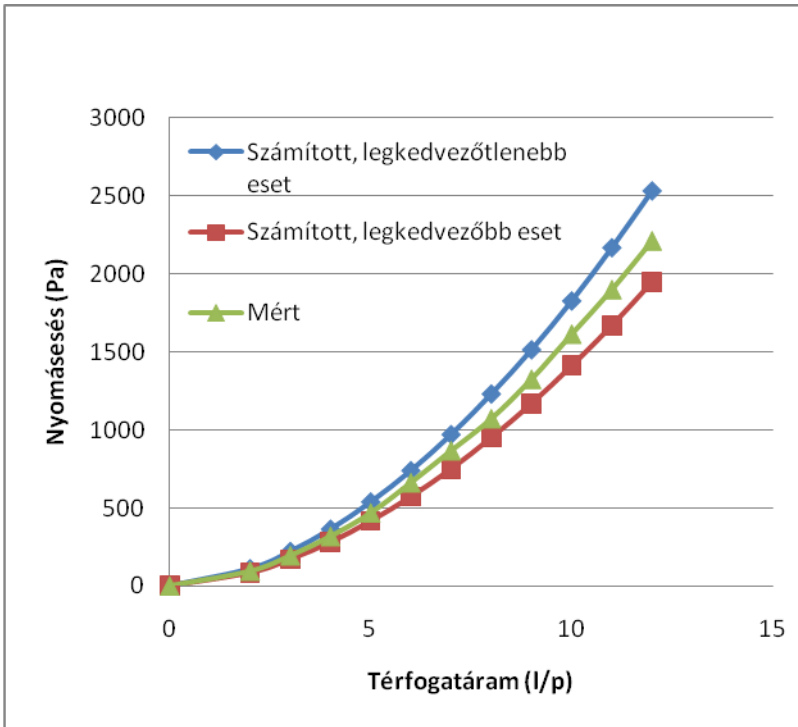
Közeg hőmérséklete: **30°C**

Közeg kinematikai viszkozitása: **$0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$**

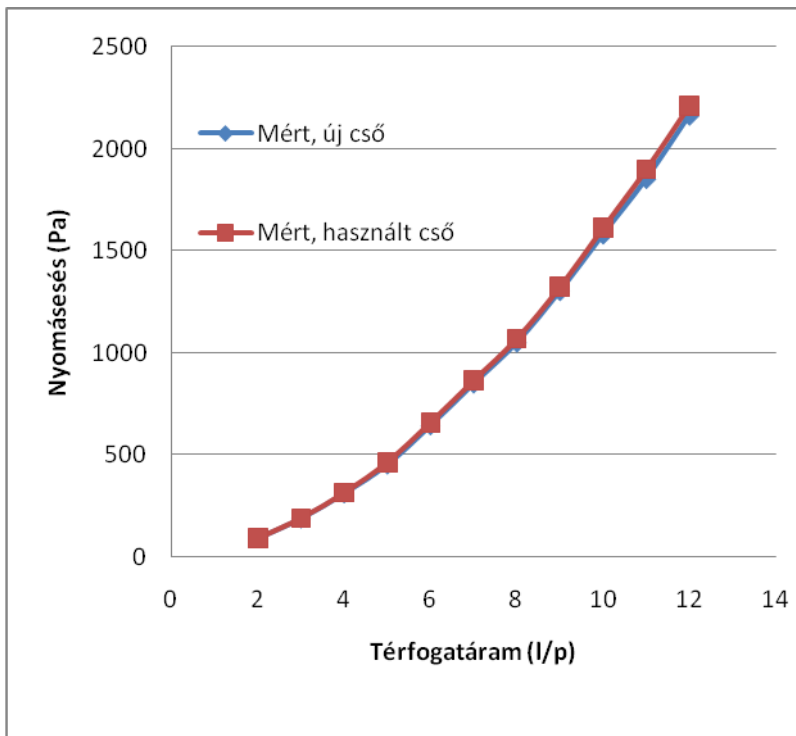
Közeg sűrűsége: **$995,61 \text{ kg/m}^3$**



1. diagram. Új részcsővezeték mért és számított fajlagos nyomásvesztés-jelleggörbék közös koordináta-rendszerben ábrázolva



2. diagram. Használt részcsővezeték mért és számított fajlagos nyomásveszteség jelleggörbék közös koordináta-rendszerben ábrázolva



3. diagram. Használt és új részcsővezeték mért fajlagos súrlódási nyomásvesztés-jelleggörbéje közös koordináta-rendszerben ábrázolva

Mért, használt részcső adatok:

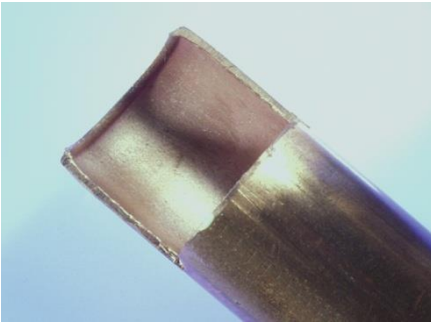
Üzemben eltöltött idő: ~10év

Alkalmazás: H MV

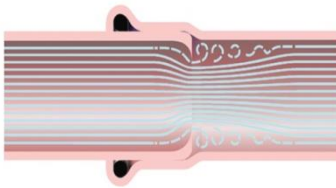
Település: Budapest, 2. kerület

Sorja ellenállásának vizsgálata

A rézcső vágásakor egy belső sorja keletkezik, melyet egy ún. sorjázóval tudunk eltávolítani. Ezt a műveletet azonban a siető kivitelező szakemberek nem szokták elvégezni.

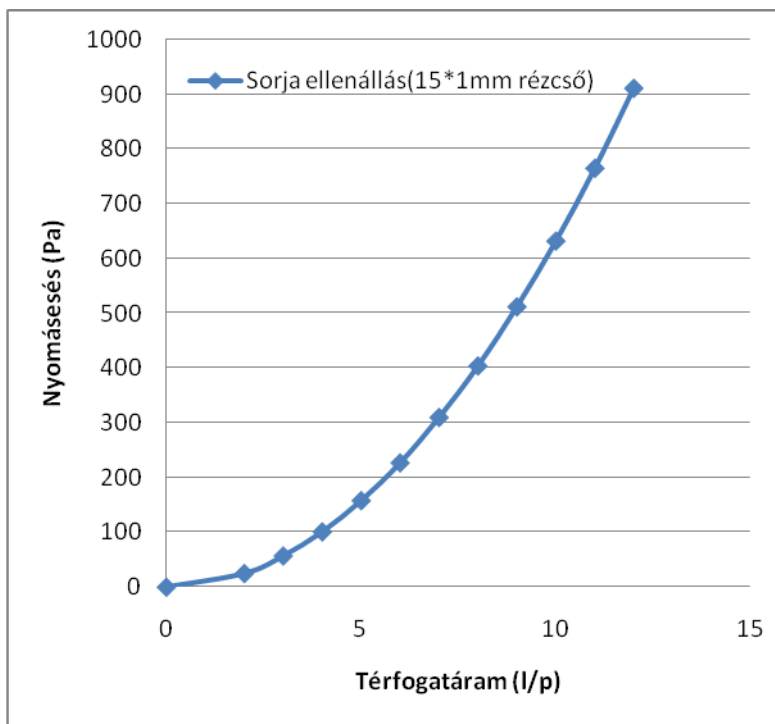


5. ábra. Sorja meghagyása a gyakorlatban



6. ábra. Sorja hidraulikai ellenállása

Az 6. ábrán látható, hogy a sorja mögött örvénylő folyadék-részecske-mező jön létre, melynek fenntartásához energiára van szükségünk, s ezt az áramló közezből vonjuk el. A kérdés tehát, hogy számottevő-e a sorja hidraulikai ellenállása?



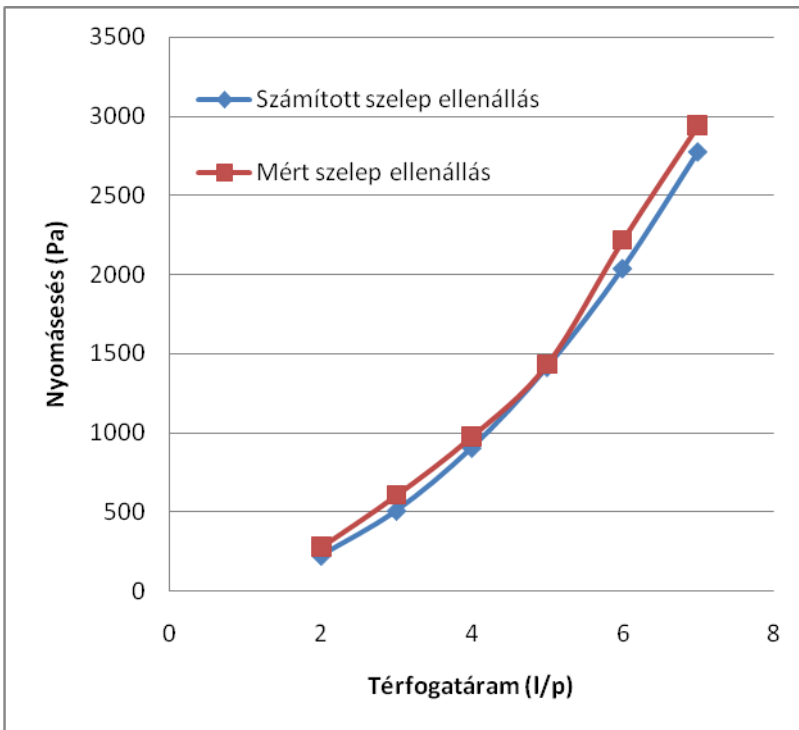
4. diagram. Sorja nyomásvesztés jelleggörbe

A TDK-dolgozatomban szereplő sorjának a mért jelleggörbéje a mérési hibákból adódóan nem volt tökéletes másodfokú parabola, így a legkisebb négyzetek módszer segítségével megkaptam a fent látható görbét. Ezáltal elmondható, hogy az alaki ellenállás tényező névleges belső átmérőjű (13 mm) rézcsőnél 0,8025-ra adódik.

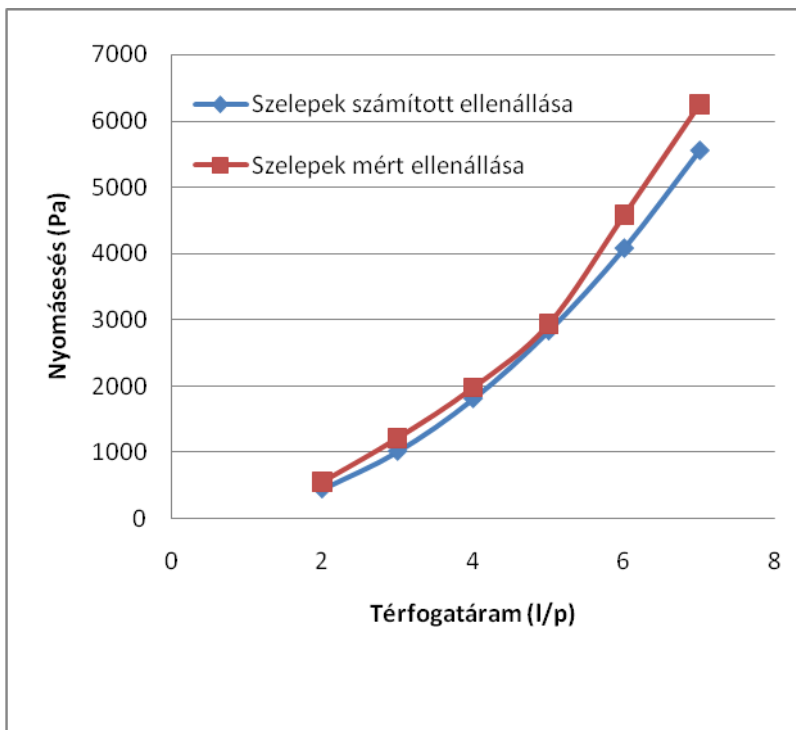
Szelepek ellenállásának vizsgálata

Elméleti megfontolás: Egy szelep vagy bármilyen szerelvény ellenállása függ a beépítés módjától.

Vizsgált szelepek: Tour and Andersson Stad 1/2"



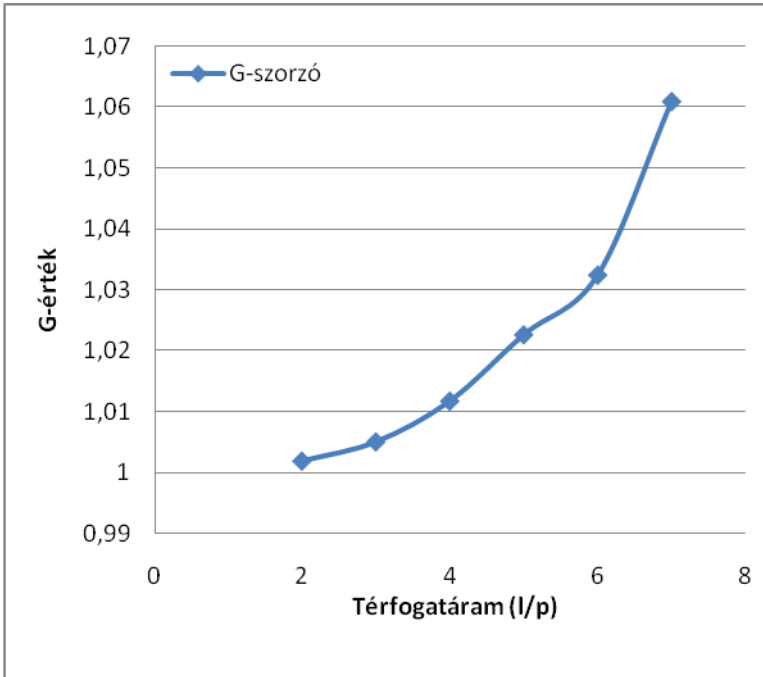
5. diagram. Mért és számított szelep nyomáscsökkenés jelleggörbe közös koordináta-rendszerben ábrázolva



6. diagram. Mért és számított szelepek (2 db) nyomásvesztés-jelleggörbéi közös koordináta-rendszerben ábrázolva

Az eredmények azt mutatják, hogy közvetlenül sorba kapcsolva a két szelepet, a külön mért szelep ellenállásának a kétszeresénél nagyobb nyomásesés jött létre. Kérdés: Mi ilyenkor a teendő?

Két, közvetlenül sorba épített szelep nyomásvesztés számítása



7. diagram. „G-szorzó”

A beszabályozó ferdeszelepek kialakítása gyártótól függetlenül, nagyon hasonló. Ilyen szerelvények alkalmazása esetén, ha kettő kerül beépítve közvetlenül egymás után, a számítás a következőképpen zajlik: az alaki ellenállás értékeket összeadjuk, majd a kapott értéket megszorozzuk a Prandtl-féle (dinamikus nyomás) torló

nyomással és a kapott G -értékkel, azaz $\Delta p = (\Delta p_{\text{szelep1}} + \Delta p_{\text{szelep2}}) \cdot G$

Összegzés

Jelenlegi kutatások alapján azt találtuk, hogy a csővezetékek súrlódási tényező meghatározása turbulens áramlás esetén nem tisztázódott. Épületen belüli ellenállás számításánál az eddig alkalmazott Colebrook–White képlet teljesen megfelel a gyakorlat számára. Szállító gázvezetéseknél azonban ez nem állítható.

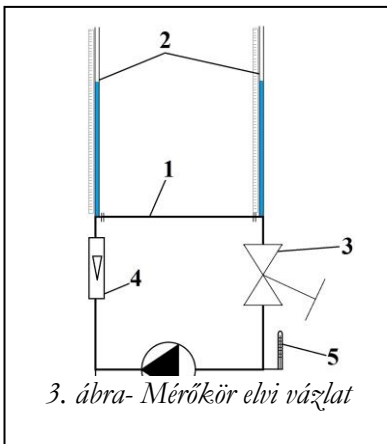
A rézcsővezetékek lerakódását illetően elmondható, hogy a megfelelően kiépített rendszereknél a lerakódás nem jelent olyan mértékű térfogatáram csökkenést, hogy az a hálózat hibás működéséhez vezessen. A 15*1mm-es rézcsővezetékek vágásakor keletkező sorja eltávolításának hiányából származó nyomáscsökkenésről ez már sajnos nem mondható el. Az alaki ellenállás majdnem eléri egy golyóscsapnak ($\zeta=1,0$) az értékét.

A túlméretezett hálózatok esetében nem, de a viszonylag pontosan tervezett rendszereknél a meghagyott sorják a tervezettnél okozhatnak érzékelhető térfogatáram csökkenést. Közvetlenül sorba épített szelepeknél

nagyobb hidraulikai ellenállást mértem, mint az egy szelep mért ellenállásának a kétszerese. A „G-szorzó” ismeretében meghatározhatjuk ilyen esetben a tényleges nyomásveszteséget. Ez olyan eseteknél érdekes, ahol a szűk helyi adottságok miatt csak közvetlenül sorba építve lehet beépíteni a szerelvényeket. Ilyen például a HMV- bojler hidegvíz bekötése, mikor be kell építeni egy elzáró szerelvényt, egy nyomáscsökkentőt és egy visszacsapó szelepet. A „G-szorzó” alkalmazása inkább ipari méreteknél lehet számottevő.

Remélem, tudtam olyan új támpontokat adni, melyekről a szakkönyvek nem írnak, és segíteni azoknak a szakembereknek, akik a közeljövőben csővezetéki ellenállást számolnak, s egy hidraulikai rendszer méretezése során a dolgozatban tárgyalt hasonló bizonytalanságokkal kerülnek szembe.

Melléklet



Sorszám	Megnevezés	Mérési tar- tomány	Mérési pontosság
1.	Mérendő alkatrész	–	–
2.	Vízzel töltött manométer (átlátszó gumicső)	0–1000 mm	1 mm
3.	Herz-Stromax $\frac{3}{4}$ ”-os ferdeszelep	–	–
4.	Key Instruments-Fr2000 rotaméter	2–20 li- ter/perc	+/-5%
5.	Multi-Thermometer- Digitális hőmérő	-50°C- +300°C	0,1°C
6.	Grundfos UPS-25-60 keringtető szivattyú	–	–

Irodalomjegyzék

- Bohl, Willi: *Műszaki áramlástan*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- Bratland, Ove: *Pipe Flow 1. Single-phase Flow Assurance*.
<http://www.drbratland.com/PipeFlow1/index.html>
- Cséki István: *Épületek vízellátása, csatornázása*. Ötödik, átdolgozott kiad. Skandi-Wald Könyvkiadó, Budapest, 1998.
- Cséki István: *Épületgépészeti tervezési segédlet rézcsöves szerelésekhez*. Magyar Rézpiaci Központ, Budapest, 2008.
- Ghanbari, A.–Farshad, F. Fred*–Rieke, H. H.: *Newly developed friction factor correlation for pipe flow and flow assurance-24442*
Caswell Ct, Laguna Niguel, CA 92677, USA.
- Glenn O. Brown: *The History of the Darcy-Weisbach Equation for Pipe Flow Resistance*. Oklahoma State University. 2002, ASCE National, Washington D.C.
- Gruber József, dr.–Blahó Miklós, dr.: *Folyadékok mechanikája*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1956.
http://eprints.iisc.ernet.in/9587/1/Friction_Factor_for_Turbulent_Pipe_Flow.pdf
- Jauschowitz, Rudolf: *Hidraulika, a melegvízfűtés szíve*. Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2007.
- Lajos Tamás: *Az áramlástan alapjai*. 4. átdolgozott és kibővített kiadás. Dr. Lajos Tamás, Budapest, 2008.

- Rao, Achanta Ramakrishna–Kumar, Bimlesh: *Friction Factor for Turbulent Pipe Flow*.
- Recknagel–Sprenger–Schramek: *Fűtés-és Klimatechnika. I–II. kötet*. Dialóg Campus Kiadó, 2000.
- Schroeder D. W, Jr.–Noble Denton GL: *A Tutorial on Pipe Flow Equations*. Conference Paper. PSIG Annual Meeting, May 11–14, 2010. Bonita Springs, Florida
- Tihanyi László, Prof. dr.: Súrlódási tényező-a gázhálózati modellek kulcsparamétere. *Kőolaj és Földgáz*, 2002. 7–8. szám.
- Vinkler Károly: *Kézben tartott áramlás*. PI Innovációs Kft, Budapest, 2012.
- Vinkler Károly–Jávori Miklós: *Hidraulikai beszabályozás I*. IMI International Kft. kiadványa, Budapest, 2005.

*Hohmann Balázs**

A környezeti térképezés módszerének elemzése és fejlesztése

Konzulens: Schuller Gabriella tanszéki mérnök

Absztrakt

Jelen összefoglaló szervezetek környezeti teljesítményének meghatározásával, felmérésével, kezelésének és fejlesztésének módszereivel foglalkozik. Ezen belül részletesen tárgyalja az ökotérképezés módszerét, bevezetésének lehetőségeit és feltételeit.

A kutatási munka fejlesztési javaslatokat tesz a környezeti térképezés módszertanának és alkalmazhatóságának, valamint a módszerhez kapcsolt felmérési eszközök optimalizálására is.

A munka rámutat, hogy a magyarországi körülmények között működő mikro-, kis- és középvállalkozásoktól, valamint hasonló nagyságrendű szervezetektől napjainkban elvárt környezetvédelmi tevékenység meg-

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Közgazdaságtudományi Szekciójában II. díjjal jutalmazták.

valósítására alkalmas a környezeti térképezés, illetve a hozzákapcsolt felmérési és intézkedési folyamat, mely egyben e szervezetek későbbi környezetmenedzsment rendszerének alapvetését, kezdőlépcsőjét is jelentheti.

Bevezetés

Ma a világon, Európában és Magyarországon jelentős változások kapujában állunk, amely az ember és az általa alkotott közösségek, s így szervezetek, valamint a környezet kapcsolatának újraértelmezésén alapul.

Az emberiség korábbi korszakait figyelembe véve a nagyobb antropogén és természeti környezeti válságokat innovatív képességének birtokában tudta áthidalni.

Napjaink egyik legnagyobb problémája a természeti környezet teljesítőképességének – alighanem globális szintű – feszegetése, az ember által igényelt erőforrások és ökoszisztéma szolgáltatások előállíthatóságának biztonsága és fenntarthatósága. Ha el szeretnénk kerülni a természeti erőforrások kiapadásából, a természetes élőhelyek tönkretételéből adódó globális életszínvonal csökkenés folyamatát, akkor a problémákra az ember és környezetének kapcsolatát harmonizáló innovációs fo-

lyamatoknak kell válaszolnia. A jelenlegi társadalom és gazdaság összes folyamatának újragondolásával, s az ökológiai rendszerekhez illesztésével lehet hatékonyan és tartósan megoldást találni a gondokra.

Így újraértelmezésre szorul, többek közt, a fejlődés fogalma is. Sajnos, a fenntartható fejlődés a gyakori félreértelmezés miatt – mint az utóbbi években kiderült – nem teljesen tudja betölteni hozzá fűzött várakozásokat. Sok esetben nagyobb „fenntarthatatlanságot” okoz, mint egy hagyományos fejlődési modell.¹

A változást alapvetően a társadalom és gazdaság három legfontosabb szereplőjének elérésével lehet előidézni. Egyrészt az *államot*, mint központi döntés- és normaalkotó szervet, másrészt a *lakosságot*, harmadrészt a *gazdasági szféra szervezeteit* kell gyakorlataik újragondolására sarkallni – számos más tényező és szereplő figyelembevételével.

A kutatás a szervezetek, a gazdasági szereplők oldaláról közelíti meg a változási folyamatot azzal a célkitűzéssel, hogy az ökotérképezés környezeti teljesítményér-

¹ Krueger, Rob–Gibbs, David: *The Sustainable Development Paradox*. Guilford Press, New York, 2007. pp 1-41.; Tarlock, A. Dan: Ideas without Institutions: The Paradox of Sustainable Development. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 2002. 9. 35. p.

tékelő eszköz vizsgálatával és alkalmazásával fejlessze az eszköz módszertanát, és hatékony módszert adjon a szervezetek kezébe..

Szakirodalmi áttekintés

A gyakorlati értelemben vett környezettudatos vállalatirányítási és környezeti teljesítményértékelési módszerekről az 1970-es évek végétől beszélhetünk, a Winter modell megjelenésével.² A szerző saját vállalata vezetése közben ráébredt, hogy profit és a versenyképesség akkor maximalizálható a szervezetnél, ha a vállalat irányítása során figyelembe veszi dolgozói, a környező területek és lakosság, valamint a tágabb környezet szempontjait, igényeit is. Ennek megfelelően dolgozói motivációs rendszert, környezeti tanácsadó szolgáltatot és környezetvédelmi innovációt alkalmazott szervezeténél.

A modell a környezet figyelembevétele, takarékos használata mellett figyelmet szentel a vállalat versenyképességének, így kerülve el a jelenlegi gazdasági környezet figyelmen kívül hagyása miatt bekövetkező bukást, a pénzügyileg fenntarthatatlan fejlődést, az

² Winter, Georg: *Zölde és nyereségesen*. Műszaki Könyvkiadó Kft., Budapest, 1997.

ökotázs³ kategóriáját. E fogalom át is vezet minket a környezettudatos vállalatirányítás modern felfogásába, mely szerint a versenyképesség és a környezetvédelem egyaránt fontos kell legyen egy szervezet életében.

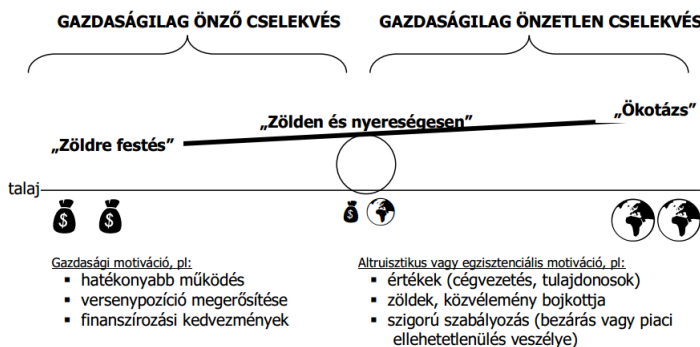
A szervezetek környezetvédelmi tevékenysége és gazdasági eredményessége, versenyképessége némiképp a mérleg két oldalát adják,³ mint az alábbi ábrán is nyomon követhető. Ha a szervezet célja csupán az, hogy a zöldítés publikálásán keresztül újabb piacokat hódítson meg, akkor a fenntarthatóság elé a rövidtávú pénzügyi haszon lép a szervezeti célok hierarchiájában. Hosszútávon azonban ez nem lehet sikeres, mert a „zöldre festés” jelenségét hamar észlelik a környezetbarát termékekre érzékeny fogyasztók, s emiatt rövid idő alatt és tömegesen hagyják el a szervezet hűségese vevőinek táborát.

Amennyiben azonban a fenntarthatóság értékei nyerne minden további szempontot felülíró hatalmat a szervezet irányításában, akkor a mai gazdasági rendszer keretei között rövid- vagy középtávon várható bukásra

³ Tóth Gergely: *Vállalatok környezeti teljesítményének értékelése*. Doktori értekezés. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Budapest, 2002.

lehet számítani - mégpedig a pénzügyi fenntarthatatlanság és a piaci versenyképesség elvesztése miatt. E végpontok helyett inkább a társadalmilag, környezetileg és üzletileg is előnyös döntéseket kell keresni és bevezetni.⁴

Ezen és ehhez hasonló gondolatmenetek meghonosodása mellett megfigyelhető a környezetvédelmi terület paradigmaváltása is. Míg a környezetvédelem kezdetben a környezetbe kikerülő szennyezések hathatós megakadályozására törekedett,⁵ addig az utóbbi évtizedekben jelentős szemléletbeli elmozdulások voltak tapasztalhatóak a proaktív környezetvédelem, az életciklus alapú



1. ábra - Motiváció és tettek a környezetvédelem szolgáltatásában

⁴ Tóth Gergely: *Valóban felelős vállalatirányítás*. KÖVET-INEM Hungária, Budapest, 2007. p. 23. pp. 38-43.

⁵ Uo. 54.p.

termékkiválasztás, a tisztább termelés és a gondos bánásmód felé.

E szemléletmódok ugyanis nem vagy csak kisebb mértékben értelmek a környezetvédelmi tevékenységet és ennek feltételeit, erőforrásait „szükséges rossznak”, mely az erre a területre fordított kiadásokon keresztül csökkentik a szervezet bevételeit, drágítják az előállítását. Ehelyett a környezetvédelem működésbe való integrálásával, s így a terület szervezeten belüli legitimálásával foglalkoznak.

A fentiekben foglaltak egyik irányaként alakult ki a környezeti térképezés módszere.

Az eredeti módszert⁶ 1998-ban vázolta fel Engel, egy belga ökotanácsadó a Belgiumban és az Európai Unió területén levő kis- és középvállalkozások környezeti teljesítményének optimalizálására. Újszerű elképzelése alapján egy önállóan használható szervezeti eszközt szeretett volna kifejleszteni, mely a szervezeteket környezeti intézkedések megtételére sarkallja. Ez az elgondolás teljes egészében nem valósult meg, mert a tapasztalatok alapján a szervezetek igénylik külső tanácsadó

⁶ Engel, Heinz-Werner: *Eco-Mapping*. I. kiadás. INEM, Hamburg, 1998. 16 p.

jelenlétét és segítségét. Magyarországon a KÖVET, Európában és a világon az INEM hálózata terjesztette el a módszert. Az eszköz végül 2006-ig folyamatosan fejlesztve⁷ átültetésre került a külföldi⁸ és magyar irodalomba⁹, a Zöld iroda kezdeményezésbe¹⁰ és a dél-dunántúli gyakorlatba.¹¹ Egyes szerzők a szervezet környezeti irányultságú intézkedésének és tevékenységének, a környezeti teljesítmény kezelésének kezdőlépéseként tartják számon.¹²

A fenti művek megfontolásait és a gyakorlati tapasztalatokat¹³ összesítve, saját módszertani módosításaimat, kutatási eredményeimet érvényesítve foglalom össze az ökotérképezés módszertanát.

⁷ Engel, Heinz-Werner: *Ecomapping—What is Ecomapping?* INEM, Brüsszel, 2006.

⁸ Koroljova, Arina–Voronova, Viktoria: *Eco-mapping as a basis for environmental management system integration at small and medium enterprises. Management of Environmental Quality: An International Journal*, 2007. 18., 5., pp.542 - 555

⁹ Engel, Heinz-Werner: *Ökotérképezés*. II. kiadás. KÖVET-INEM Hungária, Budapest, 2006.

¹⁰ Antal Orsolya–Vadovics Edina: *Zöld iroda kézikönyv*. KÖVET-INEM Hungária, Budapest, 2005. pp. 145-147., 181-203.

¹¹ Máthé Péter–Havasi Péter–Herner Katalin: *Az EcolAND projekt tapasztalatai a Dél-dunántúlon*, DDRFÜ Kht., Pécs, 2006.

¹² Edwards, Rebecca–Smith, Graham–Büchs, Milena: *Mainstreaming the environment? The third sector and environmental performance management*. Third Sector Research Centre, Southampton, 2010.

¹³ Peker, Ibrahim–Şenyigit, Ercan–Gökkus, Ömür: *Eco-mapping: A New Approach for Reduction of Environmental Effects*. *Erciyes University Journal of Science and Technology*, 2010. 3. pp. 258–269.

Módszerek és eszközök

A kutatást a környezeti térképezés gyakorlati eszköz elemzésével, fejlesztésével és alkalmazásával valósítottam meg. Az ökotérképezés folyamatát a különböző szerzők gyakorlatának megfelelően négy fázisba foglalhatjuk össze: a folyamat előkészítő résszel kezdődik, melyet az ökotérképes felmérés követ.

A felmérés központi eleme az *ökotérkép*, amellyel a szervezet telephelyének felülnézeti vázlatos rajza. Erre bejelölésre kerülnek hét tényező – települési környezet, víz, levegő, talaj és tárolás, energia, hulladék és kockázatok – szempontjai alapján a problémás, a jó gyakorlatot megvalósító és az adott tényező szempontjából releváns területek.

Ezt követően a különböző kiértékelő módszerek segítségével átfogó képet kaphatunk szervezetek környezeti teljesítményéről, melynek segítségével megalkotható az intézkedéseket tartalmazó *munkaprogram*, melynek megvalósítása a magasabb szintű környezetvédelemre sarkall.

A környezeti térképezés egyes részfolyamatait a 2. ábrán követhetjük nyomon. A kutatást alapvetően két fázisra oszthatjuk: a módszertani fejlesztés és a gyakorlati alkalmazhatóság vizsgálatára. A *módszertani fejlesztés* során az eszköz már meglevő sajátosságainak felülvizsgálata, a szervezetek igényeihez és lehetőségeihez való igazítása történt meg.

Alapvető fontosságú, hogy a kapcsolatfelvétel, a felmérés és a kiértékelés folyamata, a mikroszervezetek igényeihez illeszkedő legyen, hiszen csak így várható el a szervezetektől a megfelelő részvétel.

Ebben a fázisban fejlesztésre kerültek

A folyamat előkészítése	Vezetői értekezlet
	Kapcsolattartó kiválasztása
	Dolgozói kérdőív
Ökotérképezés	Települési környezet
	Víz
	Talaj és tárolás
	Levegő
	Energia
	Hulladék
	Kockázatok
Kiértékelés	Dolgozói értékelések
	Anyag- és energiamérleg
	Ökotérképes értékelés
	Hulladékcsillag
	Ökocsillag
A folyamat zárása	Munkaprogram
	Vezetői megbeszélés
Megvalósítás	

2. ábra. Az ökotérképezés folyamata (saját szerk.)

- a kapcsolat felvételi dokumentumok, melyek az egyes szervezetek megnyerését szolgálják, s így kulcsfontosságúak a módszer terjedésében,
- a dolgozói szempontokat vizsgáló kérdőíves rendszer, amely így szemléletessé, egyszerűvé, jól követhetővé vált,
- a felmérési eredményeket rögzítő jegyzőkönyvek feldolgozási módszeressége, szemléletessége, alkalmazhatósága,
- a szervezetek hulladékgazdálkodását vizsgáló hulladékcsillag módszer, melynek hulladékfajtánkénti pontskálái tisztázásra kerültek,
- a szervezetek általános környezeti teljesítményét mérő ökocsillag pontozása és megjelenítése.

A *gyakorlati alkalmazhatóság* vizsgálata során a módszertani fejlesztés eredményeit a szervezetek vonatkozásában vizsgáltam. A vizsgálat során azt akartam feltárni, hogy az alkalmazás során mennyire állják meg helyüket az ökotérképezés módszere, valamint a módszertani fejlesztés újdonságai. Ennek megfelelően öt szervezetet

tanulmányoztam, melyeket két csoportba sorolhatunk: non-profit elven működő társadalmi és önkormányzati szervezetek (3 szervezet), illetve mikro- és kisvállalkozások csoportja (2 szervezet).

A non-profit csoportban a pécsi Tudatosan a Környezetünkért Egyesületet és a Pécsi Zöld Kört, valamint az Alsómocsoládi Önkormányzat Faluház-Teleház telephelyét vizsgáltam. A Tudatosan a Környezetünkért Egyesület és a Pécsi Zöld Kör környezeti neveléssel, lakossági és iskolai szemléletformáló projektekkel, környezeti ügyekkel foglalkoznak. Működésük felmérése mellett környezetük átfogó vizsgálatára is foglalkoztatta őket a felmérési projekt kezdeti megbeszélésén. A felmérést 2012. április 16. és 29. között végeztem el.

Az Alsómocsoládi Önkormányzat öt épületét 2012 novemberében ökotérképeztem. Ezek közül a Faluház és Teleház épületének tapasztalatai kerültek jelen munkába.

A felmérésben résztvevő mikro- és kisvállalkozások vizsgálatát 2012 decemberében végeztem. Nevük említéséhez nem járultak hozzá a kutatásban. Ebből fakadóan Vállalkozás I., illetve Vállalkozás II. névvel láttam el

a szervezeteket. Ugyanakkor a felmért adatokat közrebocsátották.

Vállalkozás I. nyomdászati-nyomdaipari, valamint számítástechnikai (összeszerelés, szerviz, alkatrész kereskedelem) tevékenységet folytat. Vállalkozás II. építőipari kereskedelemmel foglalkozik.

Eredmények

A környezeti térképezéssel összekötött felmérésen mind a négy telephely jó eredménnyel szerepelt. A szervezetek képviselői, kapcsolattartói és munkatársai nyitottak voltak, s minden szükséges információt közreadtak a felmérés sikerességéért.

A felmérés tapasztalatai alapján elmondható, hogy a környezeti térképezés módszere mind a non-profit csoport, mind pedig vállalkozások tekintetében teljes körűen alkalmazható volt, s a felmérési fázis módszertanának fejlesztései segítették a felmérés gyors és átfogó végrehajtását.

A Vállalkozás I. és a non-profit csoport dolgozói közreműködők voltak, azonban Vállalkozás II. egyes dolgozói nem értették meg a felmérés célját, s emiatt

kevésbé voltak készek az információk átadására. Ettől függetlenül, a felmérés teljes körűen és sikeresen lezajlott.

A dolgozói értékelések korreláltak az ökotérképes felmérés során megállapított információkkal. Ez alapvető fontosságú, hiszen a dolgozók ismerik leginkább szervezetük működését, s ha véleményük egyezik a felmérés során felvett összefüggésekkel, akkor az a felmérési adatok megbízhatóságát, pontosságát jelzi.

A szervezetek hulladékgazdálkodását vizsgáló hulladékszorongás minősítés értékelési kategóriáit a szervezetek alkalmazottjai is könnyen használták, s nagy segítséget nyújtott a hulladékok megelőzésének és helyes kezelésének kialakítására tett intézkedések kialakításában és bevezetésében.

Az átfogó minősítést adó ökoszorongás vizsgálati módszer hét kiemelt terület, 49 vizsgálati paramétere megfelelő objektivitás mellett mérte a szervezetek környezeti teljesítményét, a módszertani fejlesztés során elmélyített rendszer jól teljesített a gyakorlatban. Az egyes szervezetek alapvetően jól teljesítettek ezen felmérésén, azon-

ban a jobb teljesítmény eléréséhez egyes jól elkülöníthető területeken intézkedések szükségesek.

Meg kell jegyezni, hogy a jellemzően vizuális környezeti teljesítmény értékelő eszközök – a hulladékszilag, ökocsillag, valamint a dolgozói kérdőívek – kimutatásai nagyban segítették a szervezetek alkalmazotti motivációját, s a környezetvédelem területén kifejtett tevékenységek tudatosságát, hatékonyságát és teljességét.

Összefoglalás

A szakirodalmi áttekintés és módszertani elemzés, a felmérési és kiértékelési feladatok és tapasztalatok bázisán kutatásom az alábbi eredményeket érte el:

- hozzájárult a hazai környezeti teljesítményértékelés, különösen a környezeti térképezés kutatási irodalmának bővítéséhez;
- egyedi szempontokkal és megoldásokkal fejlesztette az ökotérképezés módszertanát;
- számos olyan tényezőt, ismeretet hozott napvilágra, amely segítheti az MKKV-k és hasonló nagyságrendű szervezetek önálló ökotérképezési projektjeit. Így fejlesztette a környezeti térképe-

zés előkészítési, felmérési, kiértékelési és utókövetési fázisát;

- a gyűjtött adatok, tapasztalatok és ezek értelmezése forrásaként szolgálhat az MKKV-szektor érintő döntések megalapozásához, és irányt mutathat ezen szervezetek számára;
- a vizsgált szervezetek esetében a környezeti teljesítmény tudatos, tervezett fejlesztését eredményezte, így hozzájárult a magas szintű környezetvédelem és a gondos bánásmód meghonosításához, környezeti megtakarítások megtételéhez.

A továbbiakban a megszerzett ismeretek segítségével mikro-, kis- és középvállalkozások, valamint hasonló nagyságrendű szervezetek további felmérése indokolt, hogy a gyakorlati tapasztalatok szerzésével és kiértékelésével teljes körűen értékelhetővé váljon az ökotérképezés módszere, s a környezeti térképezés hatékonyan segítse ezen szervezetek működését, környezetvédelmi szempontú fejlődését.

Irodalomjegyzék

- Antal Orsolya –Vadovics Edina: *Zöld iroda kézikönyv*.
KÖVET-INEM Hungária, Budapest, 2005.
- Edwards, Rebecca – Smith, Graham – Büchs, Milena:
*Mainstreaming the environment? The third sector and
environmental performance management*. Third Sector Research
Centre, Southampton, 2010.
- Engel, Heinz-Werner: *Eco-Mapping*. I. kiadás. INEM, Ham-
burg, 1998.
- Engel, Heinz-Werner: *Ecomapping - What is Ecomapping?*,
INEM, Brüsszel, 2006.
- Engel, Heinz-Werner: *Ökotérképezés*. II. kiadás. KÖVET-
INEM Hungária, Budapest, 2006.
- Koroljova, Arina–Voronova, Viktoria: Eco-mapping as a
basis for environmental management system integration
at small and medium enterprises. *Management of
Environmental Quality: An International Journal*, 2007. 5. pp.
542–555.
- Krueger, Rob–Gibbs, David: *The Sustainable Development Pa-
radox*. Guilford Press, New York 2007.
- Máthé Péter–Havasi Péter–Herner Katalin: *Az EcolAND
projekt tapasztalatai a Dél-dunántúlon*, DDRFÜ Kht., Pécs,
2006.

- Peker, Ibrahim–Şenyigit, Ercan–Gökkus, Ömür: Eco-mapping: A New Approach for Reduction of Environmental Effects. *Erciyes University Journal of Science and Technology*, 2010. 26. 3.
- Tarlock, A. Dan: Ideas without Institutions: The Paradox of Sustainable Development. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 2002. 9., 35.
- Tóth Gergely: *Vállalatok környezeti teljesítményének értékelése* Doktori értekezés, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Budapest, 2002.
- [Tóth Gergely: *Valóban felelős vállalatirányítás*. KÖVET-INEM Hungária, Budapest, 2007.
- Winter, Georg: *Zölden és nyereségesen*. Műszaki Könyvkiadó Kft., Budapest, 1997.

*Horváth Bence**

„Bencés építészet” Magyarországon

Konzulensek: dr. Horváth Magdolna egyetemi docens

Túri Tamás PhD hallgató

Kósa Balázs DLA hallgató



1. ábra. Szent Benedek – saját szabadkézi rajz

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Művészeti és Művészettudományi Szekciójában *Elismerő oklevéllel* jutalmazták.

Szent Benedek és a szerzetesrend alapítása

Krisztus után 313. június 13-án I. Constantinus császár engedélyezte minden ember, így a keresztények számára is a szabad vallásgyakorlatot az általa és a keleti birodalom császára, Liciniusszal közösen kiadott Milánói edictumban. Krisztus után 380-ban I. Theodosius római császár vallási rendeletet adott ki, melyben foglaltak szerint a nikaia - konstantinápolyi hitvalláson alapuló kereszténységet államvallássá tette. A Nyugat-Római Birodalom bukását követően terjedt el a szerzetesség Nyugat-Európában.

Szent Benedek, Krisztus után 480 körül született az Appenninek hegységben található umbriai Nursiában. Néhány tanítványával Róma és Nápoly között, Cassinum melletti közel 500 méter magas domb tetején két kápolnát építettek Szent Márton és Keresztelő Szent János tiszteletére. Ez a hely volt Monte Cassino, „Isten hegyre épített városa”. 529-ben alapította rendjét.

A monostor autarchiára, önellátásra rendezkedett be. Célja az volt, hogy minden szükséges terméket a falakon belül házilag állítsák elő, termeljék meg. Itt írta a 73 pontból álló Regulát melynek jelmondata: „*Imád-*

kezdjél és dolgozzál! – Ora et labora!” Szent Benedek nagy valószínűség szerint 547. március 21-én halt meg.

A Regula a szerzetesek szabálykönyve, ami sokkal inkább használható akart lenni, mintsem eredeti. Célja az Evangélium tanításának alkalmazása a szerzetesek életére. Az egyes pontok végig párhuzamban állnak a szentírási alapokkal. Ez kitartást, állhatatosságot is követel, valamint komoly szerzetesi életet, amit ő az alázatosság szóval foglal össze. A monostor, ahol éltek, Benedek szerint az Úr szolgálatának iskolája volt. A szerzetesek idejük nagy részét az imádságon kívül a fizikai munka tette ki. A monostor kertjében, szőlőben, földeken dolgoztak.

Korai századok

A Krisztus utáni 6. században, a népvándorlások idején az emberekben általános elkeseredettség uralkodott, és boldognak vélték a holtakat, mert megszabadultak a földi élet bajaitól, kínjaitól. A feltűnő új népek kíméletlenül igázták le az útjukba került gyengébb népeket. Ennek a nyomorúságos évszázadnak az utolsó évtizedében került Péter székébe Nagy Szent Gergely pápa.

Az ő személyében ragyogott fel még egyszer és utoljára a római szellem, amely hanyatlóban volt. Leginkább csendes, visszahúzódó, elmélkedő volt, aki magányra vágyakozott, hogy a közügyek zajától távol, csak szellemi értékekkel foglalkozzon. Ez a vágy egész életét végigkísérte, de álmain és vágyain felül kellett kerekednie. 590. szeptember 3-án szentelték püspökké, és azonnal teljesülni kezdtek a hozzá fűzött remények.



2. ábra. Szent Gergely pápa – saját szabadkézi rajz

Szent Gergely tevékenységei között kiemelkedő szerepet kapott a szerzetesrendek védelme és azok népszerűsítése, építése.¹

A Karoling-kor legkiemelkedőbb uralkodója I. Nagy Károly (742–814) volt. Ebben az időben a monostorok a szellemi kultúra mellett az anyagi javak központjaivá is váltak. Ez a keveredés, emberi és hitbéli ügyek közötti kettősség a tökéletességre törekedő papok körében nemtetszést váltott ki.

Az első térítők érkezése hazánkban a 960-as évekre tehető. 996-ban került sor Pannonhalma alapítására. 1020 táján érkezett hazánkba Gellért püspök. István tíz egyházkerületet alapított, köztük két érsekséget Esztergomban és Kalocsán, valamint nyolc püspökséget. I. Szent Lászlót (1077–1095) tekinthetjük a magyar egyház második megszervezőjének. Az 1200-as évek elején 80 bencés monostor volt a Magyar Királyság területén, amik közül 71-et a mai napig lehet igazolni oklevelek és források alapján. Ezeken kívül még voltak olyan monos-

¹ 604. március 12-én halt meg. Temetésére hatalmas tömeg gyűlt össze a bazilika körül, és az emberek egyöntetű felkiáltása miatt azonnal szentté avatták Gergelyt.

torok, amelyekről nem tudni, hogy mely szerzetesi család használta.

A szerzetesi reformoknak és építészeti megújulásoknak a viszonya, kapcsolata mutatja, hogy a kettő szoros összefüggésben volt egymással. A korai középkorban több példa is bizonyítja, hogy egyes egyházi reformokat az épített környezet változása is követte. Ez leginkább a 12–13. századi ciszterci kolostoroknál figyelhető meg. A 13. századi magyarországi bencés építkezéseket a szétaprózottság jellemezte. Ami közös bennük, inkább a renden kívüli tényezők, társadalmi szokások eredménye.

Kereszthajó nélküliek, három apszisos elrendezésűek, nyugati főbejárattal, két toronnyal, karzattal. Sok templom alaprajzánál négyzetes arányháló rendszert alkalmaztak, ahol a fő és mellékhajók aránya 2:1. A nagy egységes belső teret kétoldalt, párban elhelyezett pillérek osztják fő- és két mellékhajóra.



3. ábra. Szent Gellért püspök, Imre herceggel – saját szabadkézi rajz.

Ezek a pillérek a főfalakban is megjelenhettek. Félköríves szentélyzáródású az apszis, és legtöbb esetben a két mellékszentély is ezt a félkörívet követi. Donga és keresztboltozat a leggyakoribb térlefedés.

Pusztulás és újjáéledés

Az apátságok belső életét a 14–15. században szétzilálta az apáti székek betöltésénél jelentkező rezerváció.² A Szentszék vagy a királyi udvar egy-egy megüresedő apátságot nem engedett szabad választással betölteni, hanem csak kormányzót, kommandátort nevezett ki. A kommandátor intézmény a 15. század végére csaknem teljes pusztulásba sodorta a magyar bencés szerzetességet. Az erre az időszakra jellemző építkezések inkább a monostorral foglalkoztak. Legtöbb helyen a közel négyzet alaprajzú udvarok - közepén hatalmas ciszterna kút körül építették ki a kerengő folyosót, vagy a már meglévőt újíttatták fel. Számos esetben a kolostorok keleti szárnyát átépítették, de a funkciók megmaradtak. Ez a rész a klerikusoké volt, ide világi személy nem léphetett be. Itt volt a sekrestye, káptalan terem és egy kisebb helyiség, ahol gyülekeztek. A nyugati kolostorszárnyat például Vértesszentkereszten teljesen elbontották, és az itteni helyiségek kerültek át az új, északi szárnyra, ahol a

² kommandátor: megüresedett egyházi hivatal (püspökség, apátság) ideiglenes vezetője a karoling kortól. A 13. századra már világi személy is lehetett kommandátor.

<http://lexikon.katolikus.hu/K/kommandátor.html>

refektórium³ és a konyha volt. A kolostorhoz tartozó gazdasági épületek nyugaton, északnyugaton álltak.

A monostorok a határvidéken a török hódítások idején végvárakká alakultak. Az újjáéledést a 17. század hozta meg. A bencések elkezdtek tanítani, és oktatási tevékenységüknek köszönhetően sokan választották a krisztusi hivatást. Jelentősen hozzájárultak a nemzeti értékek megerősítéséhez, az ország szellemi-lelki gyarapításához.

Az első világháborút a bencések átvészelték. A második világháború után kialakult politika helyzetben demokráciának álcázva folyamatos támadások érték az Egyházat. 1948-ban államosították az egyházi iskolákat. Az állami hatóságok 1950-ben 5 rendházat elvettek a bencésektől, a szerzeteseket pedig gyűjtőtáborokba vitték.⁴ Az 1990-es évektől a visszakapott épületek megújultak és egymás után nyíltak az egyházi iskolák.

³ refektórium (a lat. reficio, 'megújít, felfrissít' szóból): ebédlőterem. <http://lexikon.katolikus.hu/R/refektórium.html>

⁴ Várszegi Asztrik püspököt 1991. január 5-én pannonhalmi főapáttá választották.

Új évezred

Pannonhalma történelmi múltú apátsági épület-tömbje fizikai és szellemi tekintetben is a kortárs építészet kiemelkedő alkotása. Nem túlzás Montecassino, Assisi vagy Santiago de Compostella épületegyütteseivel együtt említeni. A pannon tájból kiemelkedő sziluett az épületrészek különböző korszakok munkáival vált teljessé. Gótikus kerengő, barokk ebédlő, a klasszicista könyvtár, valamint a magasba törő templomtorony.

A pannonhalmi Szent Márton-bazilika mai állapotát három korszak határozza meg: a 13. századi struktúra, a 19. századi átalakítás, valamint a 20. század derekán kibontakozó jelenlegi használat. A tér mai elrendezése megmutatja a közösség liturgiáról, egyházzal alkotott képét. Fontos, hogy a szentmisén résztvevő vendégek közelebb érezhessék magukat a liturgiához, az eucharishtiához.

1996-ra, a monostor alapításának millenniumára elkészült a Pannonhalmi Főapátság épületegyüttesének majdnem teljes körű rekonstrukciója, kivéve a Bazilika belső felújítását. A Pannonhalmi Bazilikát a 13. században a legmagasabb európai építészet színvonalán építet-

ték. Ebben mindenképpen szerettek volna visszatérni a 13. századhoz. John Pawsonnal 2007. március 27-én kötötték meg a tervezési szerződést. A szerzetesi közösség „csak” saját kora lelkiségének megfelelő teret szeretett volna létrehozni az építészeti keretek háborítatlanul hagyása mellett. Egy minimalista esztétikával létrehozott közeget, mely alapvetően a funkcionális elemek térszervező erejét tekintik elsődlegesnek. A történeti tér átgondolásában az volt a törekvés, hogy a Bazilika „halott” tereit ismét pozitívan értelmezzék, és visszakapcsolják a liturgikus vérkeringésbe. A tér elsősorban a szerzetesközösségé. Tiszteletben kell tartani a templom hosszanti elrendeződését, felszálló dinamikáját és kelet felé való nyitottságát. Nem könnyű az olyan tér létrehozása, ahol a különféle funkciók miatt totális ellentétek ütköznek egymásba. Erő és félelem, hatalom és gyöngeség, egyház és világiasság, intim lélek és kitárulkozás.

A koncepció a Bazilika használhatóságának érdekében nem félt hozzányúlni az 1870-es években készült berendezésekhez. Tiszta, átláthatóbb és liturgikus működésében helyes tér született a magyar kereszténység kezdeteitől létező közösség számára. Az elmozdított

tárgy-elemek vizuális kavalkádját felváltotta az egyértelmű elemekre koncentráló olvasat. Legerőteljesebb megjelenése a templom mértani közepén álló oltár monolitikus tömbjének van. A templom a nemzet történelmében kiemelt helyzetű, és ezt figyelembe véve adtak teret a közösség számára fontos szentek tiszteletének. A Bazilikának zarándoktemplom jelleget ad a szentek tiszteletének ez az ősi formája.

A pannonhalmi monostor bő egy évtizede tartó fejlesztési programjának keretében számos új épület vagy épületrész lett tagja a főapátságnak. A Bazilika felújítása volt a legkomolyabb átalakítás, ami ezt az időszakot méltón koronázta meg. Pannonhalma lényegében a kortárs építészet egyik centrumává is vált.

2003-ban a borászat nyitotta a sort, majd 2004-ben készült el az új fogadóépület és egy erdei út, ami felvezet az apátságba. Ezt követően megújultak a főapátság belső udvarai, és elkészült az apátság előtti tér új burkolata. 2009-ben biomassza fűtőmű létesült, ami a népi építészetből jól ismert pajta vagy csűr analógiájára van tervezve. Nem szándékozik sem több, sem kevesebb lenni, mint ami. Rendkívüli az őszintesége. Ez az őszin-

teség ugyanúgy jellemző az új épületekre, mint a bencés szellemiségre.

2010-ben adták át az új látogatóközpontot étteremmel, konferencia-teremmel, valamint térszín alatti rejtett parkolóval, az apátság melletti dombtetőn. Szintén 2010-ben, az apátsági kertben szabadtéri előadásokhoz alkalmas amfiteátrumot építettek, az arborétumban labirintust alakítottak ki, a gyógynövénykertben teaházat létesítettek, továbbá zarándokházak és kápolna is épült. A kápolnán nincsen ajtó, nincsen ablak, nincsen benne fűtés és mesterséges világítás. Átfúj rajta a szél, átsüt rajta a nap. Ez a hely a Szent Benedek-korabeli barlang megformázása. Az épületeket és azok anyagait a letisztultság, a funkcionalitás, a minimalizmus, a környezettel való szimbiózis és a fenntarthatóság jellemzik.

A rendtől bátor, ugyanakkor kiváló lépés volt, hogy az új irányba való elmozdulás, ami a liturgiát jellemzi, követi egy az épületeken megjelenő arculatváltás. Az arculatváltás pusztán külsőség is lehet. Amiről itt is szó van, az az 1000 éves Benedek-rendet követve, ha nem is annyira magukba fordulva, mint a középkorban, de a benedeki Regula szerint élik mindennapjaikat. Próbálják

a maguk módján munkával megteremteni az anyagi javakat. És valljuk be őszintén, itt már többről is szó van, egyértelműen észrevehető valamilyen „bencés-turizmus”. Természetesen nem a rossz értelemben, hiszen aki ide érkezik, csodás és akár isteni élményekkel gazdagodhat.

Pannonhalma mindenkori hatalma és tekintélye elgondolkodtató. Azt is el lehet mondani, hogy egy épületet, ha elemzünk, akkor főleg két vélemény találkozását látjuk megvalósulni. Egyik az építészé, másik a megrendelőé. A kivitelezés pusztán formalitás, azonban nem elfelejtendő. A megrendelő-építész kapcsolatára helyezném a hangsúlyt. Nézzük meg, hogy a rend tagjai milyen értékrendet képviseltek a történelem során, de akár ma is. A társadalom egy elit, értelmiségi rétegéről van szó, akik nagy tudással rendelkeznek. Életkörülményeikre pedig nem a pompa vagy a ragyogás a megfelelő jelző, hanem a tiszta, egyszerű, egységes.

Most nézzük meg az épületeket! Nem gondolom, hogy ezek után bárkiben is kérdés merülne fel akár a tömegformálás, akár a használt anyagok tekintetében. Minden egyértelmű, világos és konkrét. Ugyanakkor

saját korunk legigényesebb nyelvén szólnak hozzá épített és természeti környezetükhöz. Egy-egy épület önmagában is szép, de együtt, még ha érzéken, gyengéden avatkozik is bele a tájba, erőt és határozott magabiztosságot sugall. Ennek metaforája maga a szerzetes és a szerzetesekből álló rendi közösség. Van abban valami szép és előremutató, ahogy az elmúlt években a háznak sikerült majdnem minden esetben csendesen megszólalniuk, és egy-egy apró és finom jellé válniuk. Az épület akárcsak a szerzetesek és természetes környezetük kapcsolata szimbiózis. Az épületek csupán eszközök, különféle terek helyei. Szent Benedek, aki nem riad vissza, hogy például a zsoltárok beosztását a közös imádságon a legapróbb részletességgel meghatározza, magára az épületre és annak elrendezésére vonatkozóan nemigen ad konkrét előírásokat.

Tudjuk, hogy vannak műhelyek, van ebédlő, konyha, hálóterem és van imaterem. Ugyanakkor mintha ezeknek a tereknek a felosztása egyértelműen funkciók szerint történne. Ezt támasztja alá a Regula akkor is, amikor külön kitér arra, hogy *„Az imaterem az legyen, aminek a neve mondja. Ott mást ne csináljanak és ne is tartsa-*

nak.”⁵ Itt természetesen már van némi ellentmondás a mai templom terének használásában. Az építészeti koncepció lényegi pontja között szerepelt a többfunkcióság, például, hogy koncerteket is tudjanak itt tartani.

Pannonhalmán hűek a történelmi hagyományhoz annak tekintetében is, ahogy a kortárs kultúrát felkarolják. A borászat, az étterem, a turisztikai infrastruktúra anyagi hátteret biztosítanak a rend hagyományosan vállalt feladataihoz, mint például az oktatás, a jövő építése. A termékek és szolgáltatások európai színvonalat képviselnek, de mindenre rányomja a bélyegét a befelé fordulás és a kitárulkozás között feszülő, nehezen feloldható ellentét. Vajon meg kell-e nyitni ilyen mértékben a rend kapuit a közönség számára, vagy jobb lenne kevésbé kitárulkozni? Mennyire működhet egy kolostor világi kulturális központként? A kérdések jogosak, azonban válaszuk sürgető. Az egyháznak, és ezen belül a bencés rendnek is változnia, formálódnia kellett és kell folyamatosan. Jelen esetben modernizálódni, nyitni az erre fogékonyak felé. Márpedig Magyarország keresztény, hívő nemzet, aminek a gyökerei Szent István, sőt előbb

⁵ Regula 52. fejezet

már Géza és Taksony idejéből valók. A történelmi országban mindig jelen voltak a papok. Akkor úgy, ma így. De ez nem változtat azon, hogy mit képviselnek, mi a hitük, és mi a társadalomban betöltött szerepük. A bencés szerzeteseknek a nevelésben van kiemelkedő feladatuk. A lélek építésén kívül a jövőt kell építeniük. Oktatási filozófiájukban minden visszaköszön, ami az egész rendet jellemzi. Kitartásra sarkallnak, és megpróbáltatásoknak teszik ki a gyermekeket, amik megoldásában nem ők a segítők, hanem az Isten. Ők maguk csupán a közvetítők. Megtanítanak tanulni, hittel élni. Mindenki-ben elrejtik a bencés szellemiség csíráját, amit vagy hagyunk elveszni, vagy tápláljuk. Ha az utóbbi történik, akkor volt értelme bencés diáknak lenni.

Felfogásom szerint a szerzetesek azt kell művelniük, amihez értenek. Legyen ez akár a lélek, akár a föld művelése. Példaként megemlítem Dom Pierre Pérignon bencés szerzetest és pincemestert, aki a 17. században született, és a ma méltán híres pezsgő névadója. Nevéhez különböző mítoszok és legendák fűzhetők a pezsgőkészítés kapcsán, de tény, hogy jelentős mértékben hozzájárult a Champagne kultúra kialakításához. Egy

ilyen újabb világraszóló siker éppen a mi hazánkban a bor- és szőlő hazájában miért ne ismétlődhetne meg? És ha ez megtörténne, az baj lenne? Összeegyeztethető a vallással ez az elhivatottság? Ezekre a kérdésekre az idő és a történelem fog választ adni, mint ahogy eddig is tette. Minden korban megvoltak az egyház bírálói és támadói, mégis az egyház az, aki a legnagyobb elnyomás mellett is kitartott krisztusi hitében. Elmondható, hogy ami az oktatás, de most már az építészet terén folyik, az újra európai színvonalat képvisel és méltán példaértékű.

Laudetur Jesus Christus!

*"Ti vagytok a világ világossága. A hegyen épült várost nem lehet elrejtetni. S ha világot gyújtának, nem rejtik a véka alá, hanem a tartóra teszik, hogy mindenkinek világítson a házban. Ugyanígy a ti világosságotok is világítson az embereknek, hogy jótetteiteket látva dicsőítsék mennyei Atyátokat!"*⁶

⁶ Mt 5,14–16

Irodalomjegyzék

Mikó Árpád–Takács Imre (szerk): Pannonia Regia, *Művészet Dunántúlon 1000–1541*. Bp., 1994.

Török József–Legeza László–Szacs vay Péter: *Bencések*. Mikes Kiadó Budapest, 1996

Takács Imre (szerk): Mons Sacer, 996–1996, *Pannonhalma 1000 éve I–III*. Pannonhalma, 1996.

Takács Imre (szerk): Paradisum Plantavit, *Bencés monostorok a középkori Magyarországon*. Pannonhalma, 2001.

Szovák Kornél: Monachum pater ac dux.

A bencés szerzetesség korai századai Magyarországon.

http://paradisum.osb.hu/tan12_h.htm

Marosi Ernő: *Bencés építkezések a 13. században.*

http://paradisum.osb.hu/tan53_h.htm

Vukoszávlyev Zorán: A téri minimum teljessége. *Magyar Építőművészet*, 2012. 3. sz.

<http://meonline.hu/archivum/a-teri-minimum-teljessege/>

Hivatkozások

<http://epiteszforum.hu/a-pannonhalmi-bazilika-belso-helyreallitasa>

<http://epiteszforum.hu/hely-es-viszony>

<http://epiteszforum.hu/szent-csend-zarandokhaz-es-erdei-kapolna-pannonhalma>

*Koronczi Péter Attila**

Megfizethető építészeti igényesség. Levendulaszáritó pajta Egyházasdengelegen

Konzulens: dr. Rétfalvi Donát egyetemi docens

Bevezetés

Hallgatói éveim alatt a fiktív projektek sorra követték egymást. Segítségükkel megtanultunk bánni a geometriával, az építészeti térrel, a szerkezetekkel és az anyagokkal. Érdeklődésem, tudásvágyam az iskolai feladatokon túl, újabb megmérettetések felé terelt. Tervpályázatokon indultam, melyek rávilágítottak arra, hogy fő feladatunk az érték létrehozásán túl a gazdaságosságra, fenntarthatóságra való törekvés.

Dolgozatomban részletesen bemutatom és elemzem azt a pályamunkát, gondolkodásmódot, valamint szakmai eszköztárat, amellyel a jövőben megvalósíthatók a megbízó gazdasági érdekei és biztosíthatók a társadalom igényei.

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Művészeti és Művészettudományi Szekciójában I. díjjal jutalmazták.

Lehetőségeket, irányelveket és a hasznosítható ötletek adaptálási lehetőségeit kutatom, szem előtt tartva az épített örökség értékeinek megőrzését, újraértelmezését. Kutatómunkám segíthet abban, hogy a társadalmi és szakmai problémákat felismerve, ezekre megfelelően reagálva korszerű, ugyanakkor gazdaságos megoldásokat valósíthassunk meg.

A tervpályázat

Egyházasdengeleg Budapesttől 50, Hatvantól 20 kilométer távolságra van. Jó elhelyezkedése és gazdasági mutatói révén pályázati szempontból a legnagyobb mértékben támogatott település szokott lenni.

¹ Zsiga Tamás a település polgármestere a média és a közösségi média lehetőségeit kihasználva, gerillamarketing módszerekkel népszerűsítette a kicsiny falut.

A „Dengelegen élni jó” program keretében az önkormányzat a frissen betelepült vállalkozások érdekében eltörölte az iparűzési adót, a gépjármű adót pedig csökkentet-

¹ Nógrád megye déli részén fekvő ötszáz lelkes kis település. (é. sz. 47,79727°, k. h. 19,55875°) A községet a Bér-patak szeli át Pásztótól délnyugatra. Wikipedia, Iparuzesiado.

te. Hatására a falu fejlődésnek indult, a betelepült cégek száma mára százon felül van. Ezt követte a termelői tevékenység fellendítése. A „Startmunka Program” keretében a kihasználatlan önkormányzati területeken közmunkások levendulát termesztettek, időszakos jelleggel a - válság ellenére is jövedelmező - Biomed Kft. számára. Így felmerült az igény az új gazdasági tevékenységet kiszolgáló pajta épültre.

Az ötletpályázat „Levendulaszárító pajta” címmel került kiírásra,² amely szerint a pályázatban foglalt paramétereknek megfelelően, szükséges egy, a levendula csokros szárítását lehetővé tevő épület létrehozása. Ezen fő funkció mellett egyedi térkialakítása, nyílásainak fényszabályozása révén közösségi célokat is ki kell szolgálnia (pl: kamarakoncert, színi előadás, kiállítás).

Az ötletpályázat elvárásai:

3x20 méteres fa szerkezetű építmény.

Költségek: (pajta jellegű épület kivitelezésére)

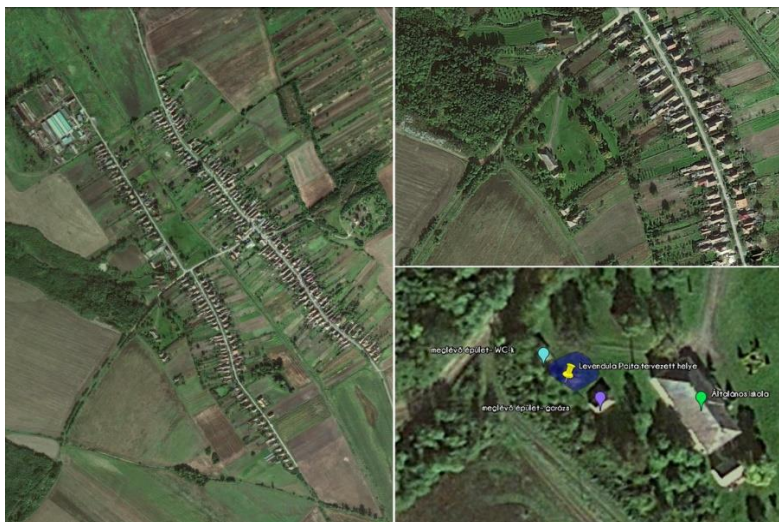
825 032 Ft

² dengeleg.hu

„Az épületnek maradéktalanul meg kell felelnie a pályázat szerinti célnak: alkalmas 1 ha-nyi levendulatermés csokros szárítására.” Elvárások az épülettel szemben: friss külső-belső design - figyelembe véve az épület fizikai megvalósulásának környezetét - innovatív térkialakítás, az épület építészeti koncepciójának közösségi térhasználatához rendelése. „A levendula szárításán kívüli „bónusz” térhasználat konkrét jellegét a pályázó határozhatja meg.”³

A tervezendő épület a falu délnyugati szegmensében, az Általános Iskola parkjában, előre kijelölt helyszínen kap helyet, ahol a falu közösségi rendezvényei is gyakran kerülnek megrendezésre.

³ Uo.



1. ábra. Légi fotó [GoogleEarth]

A légifotón jelölt területen az iskola épülete a leghang-
súlyosabb épített tömeg. A területen 3 további melléképü-
let található, többek között egy alacsony, eltolt nyeregtetős
kültéri WC és egy egyszerű konyolt, cserép fedéses garázs,
melyek közrefogják a tervezési területet.

A meglévő épületeken az egyszerű vakolt felületek
dominálnak, a nyílászárók pedig dióra pácolt fenyőfából
készültek.



2. ábra. Épített és természeti környezet [Panoramio, Pályázat kiírás, kérdések, válaszok]

Tervezőtársammal Ifka Adrien építészmérnökkel értelmezve a feladat kiírás pontjait, elbizonytalanodtunk. A megvalósításra rendkívül alacsony összeg állt rendelkezésre, és az előre meghatározott épületkontúr különös arányai a feladat átértelmezésre készítették bennünket.

Alternatív szoftverek

Nyitottak voltunk az új lehetőségekre, így a „low budget” gondolkodás jegyében alternatívákat kerestünk az egyetemen tanult, drága, professzionális szoftverekhez

képest, melyekkel - egy valós szituációhoz hűen - már az épület születésének kezdeti fázisában is csökkenthetőek a költségek.

Az első szembetűnő dolog, hogy a professzionális programok megvásárlásához és fenntartásához szükséges költségek terén alapvető különbségeket láthatunk. Egy meglévő csomagot naprakészen tartani mindig olcsóbb, mint újat vásárolni. Alternatív szoftvereket használva a bekerülési költségek rendszerint minimálisak, fenntartásuk, cseréjük szintén nagyon olcsó vagy ingyenes. Racionális döntéseket hozva könnyen tudunk pénzt megtakarítani, ha a szoftverek árát nem kell beépítenünk a tervezési költségekbe, így azok kedvezőbbek lehetnek. Hosszútávon több megrendelőt szerezhetünk, vagy akár induló cégünknek biztosíthatunk stabilabb gazdasági hátteret.

Kutató munkák alapján állítható, ha ingyenesen vagy nagyon olcsón beszerezhető alternatívákat használunk, akkor új szoftverek beszerzésekor 99,36%-os kiadás csökkenést érhetünk el. Szoftverkövetési lehetőségeket használva a költségek 98,43 %-ától szabadulhatunk meg.

Különböző szempontok alapján súlyozva értékeltük az általunk használt programokat és alternatíváikat. A vizsgálá-

latból kiderült, hogy a professzionális szoftverek kezelőfelülete minden esetben átgondoltabb, beszédesebb, esztétikusabb, de az alternatív szoftverek készítői a testreszabhatóságra is nagy hangsúlyt fektettek.

Sebesség szempontjából azok az alternatív programok, melyek kisebb eszköztárral rendelkeznek, rendszerint gyorsabban indulnak professzionális társaikhoz képest, de tényleges munka közben a teljesítményük hasonlóknak mondható.

Az eszközkészlet a nagy szoftverekben kivétel nélkül bővebb, de az ingyenes vagy olcsó alternatívákban is megoldható minden művelet. Igaz több kísérletezéssel és időráfordítással.

Az importálási, exportálási és biztonsági lehetőségek a drága programok esetében jobban paraméterezhetők. A biztonsági mentések beépítését gyakran nélkülözik az alternatív megoldásokból.

Nyelvi támogatás szempontjából a drágább szoftverek előnyben vannak a nemzetközi fejlesztőcsapat révén, de utólag honosítani nincs lehetőségünk ezeket a programokat. A nyílt forráskódú alternatívákat rendszerint lelkes hazai fejlesztők is lefordítják, továbbfejlesztik.

A drága szoftverekhez nagyon sok színvonalas, de egyben fizetős kiegészítő készül, mellyel speciális igényeket is el tudnak látni. „Open source” megoldások esetében, kellő programozói tudás mellett mi magunk is felvértézhajjuk a szükséges extra tudással célprogramot.

A fellelhető segédanyagok száma a népszerűségnek megfelelően alakul, jóval több és szerteágazóbb ismeretanyagot fednek le a nagy szoftverekhez kapcsolódó „tutorial”-ok. Ami megfigyelhető, hogy ingyenes programokhoz csak ingyenes segédleteket találunk, de professzionális szinten már külön szakmává fejlődött a fizetős digitális oktatóanyagokat készítése.

A csapatmunka lehetőségek csak az igazán komoly programokhoz érhetőek el, így nem találunk igazi alternatívát az alsóbb szegmensben.

Ha a programok teljesítményét tekintjük, akkor tapasztalható, hogy 25–30% különbség van a két véglet között. Ha például a bekerülési költségeket vizsgáljuk, akkor akár 600–700%-os ár különbség is megfigyelhető. A nagy tudású drága szoftverek mindig előtérbe kerülnek az ingyenes alternatívákkal szemben, mivel egy egész marketing csapat

jótékony tevékenysége és egy multinacionális cég pénztárcája ápolja a köztudatba épülésüket.

Összegzésként elmondható, hogy az alternatív szoftvereknek az „ár” – teljesítmény aránya remek, minden mérnökhallgatónak és kezdő vállalkozónak érdemes feltennie a kérdést: „Kényelem vagy fennmaradás?” Mi az utóbbit választottuk.

Analízisek, megállapítások, elhatározások

A tervezés során olyan anyagokat és technológiákat fogunk használni, amik támogatják a kalákás építkezés hagyományát, így minimálisra csökkenthető az építési költségek munkadíja. A vernakuláris építészet építőanyagait mai szemmel vizsgáltuk, kerestük az esztétikus, jól alakítható, olcsó vagy ingyen fellelhető alternatívákat, melyek építészeti értéke megmutatkozik a meglévő természeti és épített környezetben.

Pontos modellezéssel és számítással meghatároztuk, hogy mekkora alapterületre, milyen felületekre és milyen módszerekre van szükségünk, hogy egy hektárnyi levendulatermést szakszerűen tudjunk szárítani. Egy hektárnyi területen 70–80 cm-es tőtávolsággal és 100 cm-es sortávolsággal

sággal 12 400 db levendula bokor ültethető, melyből háromszor ennyi csokor szedhető, azaz 37 200 db.



3. ábra. Levendula akasztási technikák [Google Images]

A különböző akasztási technikákat megvizsgálva arra jutottunk, hogy a kiírásban szereplő levendula mennyiséget, csak az alapterület növelésével és új akasztási technikai alkalmazásával tudjuk elhelyezni. Számításaink szerint 100 m² tiszta alapterület szükséges ahhoz, hogy teljes embermagasságban 4–5 sor huzalon egymás alatt 50 cm-re, valamint egymás mellett 10–15 cm távolságra elhelyezzünk a szükséges csokor mennyiséget.

Koncepció

A kijelölt tervezési területen a meglévő épületek tájolásához igazodó 100 m²-es téglalap alapterületű, eltolt nyeregtetős épületben gondolkodtunk, mely a ház alakú ház tömegével a falusi építészet erényei előtt tiszteleg. Az egyszerű geometria használata egységes belső teret képez, a szerkezet könnyen átlátható és merevíthető lesz, ezáltal nem kell használnunk drága vagy bonyolult gépesítéssel kivitelezhető szerkezeteket.

A tervdokumentációt úgy állítottuk össze, hogy minden követelménynek maradéktalanul megfeleljen. Egy olyan rugalmas, építészeti értékekhez és a megrendelő igényeihez egyaránt igazodó költségbecslést készítettünk, melyben „kompromisszum csomagok” segítik, hogy a beruházás költsége csökkenthető legyen, tiszteletben tartva a tervező és a szakma érdekeit.

Szerkezeti felépítés, homlokzat képzés, térstruktúra

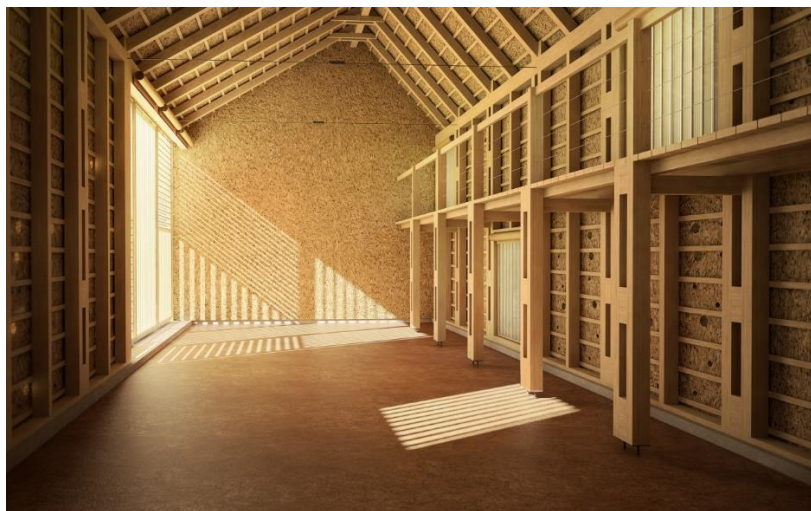
A fentieknek megfelelően az épület külső burkolata nádból vagy a mezőgazdaság által művelt önkormányzati területekről ingyen beszerezhető szalmából készül. A bur-

kolat engedi a légmozgást kellemetlen huzathatás nélkül, tehát ideális a szárításához. Az épület megjelenése távolról homogén hatást mutat. A burkoló anyag a felmenő falakon és a tetőidomokon is megjelenik, így visszafogottan, de mégis kiemelkedik környezetéből.

A burkolattartó lécek, tetőlécek fenyőfából készülnek, szintén a pénztárcához igazítható opció, hogy új vagy bontott tetőléceket használunk erre a célra. Ezeket „hajózva” szegezzük a pillérekre. Ezáltal megelőzhető, hogy plusz pénzbe kerüljenek az andráskeresztek vagy a számunkra esztétikailag előnytelen könyökfák.



4. ábra. A levendulaszáritó pajta főhomlokzata



5. ábra. A levendulaszáritó pajta belső tere

A belső térben a tartószerkezet teljes valójában megmutatkozik, ideális esetben ragasztott fatartókat, kereteket használnánk, de az elveinkhez ragaszkodva más megoldást kerestünk. Olyan anyagokkal akartunk dolgozni, amelyek csekély primer energia felhasználással készülnek, tehát helyben kitermelt standard méretekkel rendelkező, a legközelebbi tűzépen is fellelhető fenyőfa gerendák közül választhattunk. Komjáti Gábor statikussal és Sasvári Ferenc építészmérnökkel folytatott konzultációk hatására a pilléreket szendvicsszerűen alakítottuk ki a metszeten látható

módon. A két 10/15-ös pillért fa távtartókon keresztül fogattuk össze, ami lehetőséget adott a szarufa befogására is, kialakítva így egy formailag izgalmas és statikailag együttdolgozó anyagtakarékos keretrendszer.

A szarufákat közvetlenül a pillér befogás felett vonórudakkal fogjuk össze, biztosítva az oldalirányú erők, negatív hatása ellen. A pilléreket fém oszloppapuccsal fogjuk be a beton sávalapba, így tartva távol a nedvességtől. A költségek csökkentése érdekében természetesen pontalappal is kivitelezhető a megfelelő alapozás. Az épület aljzata döngölt anyagpadló, melyet a közmunkások és a segítőkész falusiak pár nap alatt kitermelhetnek, és az anyagköltség ismételten megspórolható. A padló száradása után sepréssel portalanítani kell, majd len vagy kenderolajjal szükséges kezelni a szép, egyenletes és fényes felület elérése érdekében.

A belső térben megjelenő galériák egyszerű kialakításúak, a falszerkezet vázával szerves egységet képezve vesznek részt a statikai erőjátékban, a sarkoknak extra merevítést biztosítva. Tervezéskor ügyeltünk a tiszta fa kapcsolatokra, tartózkodtunk a további költségeket jelentő fém segéd-szerkezetek, pl.: szeglemezek használatától.

A homlokzatokon megjelenő nyílászárók nem előre gyártott szerkezetek. Egyedi tervezéssel könnyen és olcsón tudunk reagálni az épület igényeire. Egyszerű anyagokból, a helyszínen különösebb szakértelem nélkül összeállítható, nyitható nyílászárókról van szó, melyek engedik a filtrációt, fix és manipulálható árnyékolóval egyaránt rendelkeznek. A keretet méretre vágott pallókból kell készíteni, melyet a pillérek közé rögzítve, merev szerkezetként képes fogadni a szárnyat. A szárny hátsó kerete lécekből készül, melyre egy 5 mm vastag polikarbonát lemezt helyezünk. Az előlő keret közrefogja az árnyékoló lamellákat, így a három rétegből álló szárnyszerkezetet szegezéssel egymáshoz

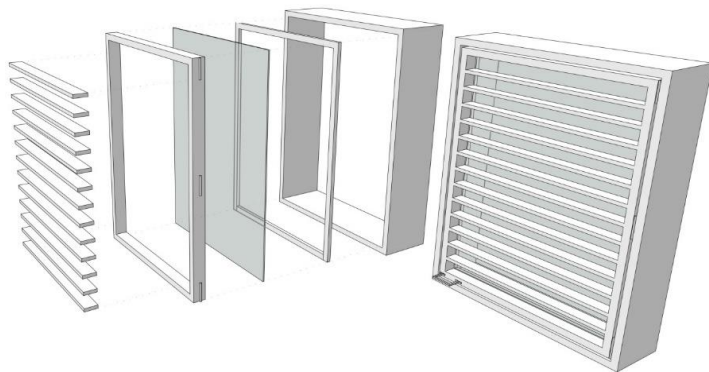


6. ábra. Levendulaszáritó pajta, nyílászáró panel

rögzíthetjük, majd fém zsanérokkal a tok külső oldalára csavarozhatjuk. A nyílászáró belső oldalára gyékényből vagy nádból készült roló kerül rögzítésre.

A nagyméretű háromtraktusú bejárati tolókapu szintén hasonló technikával készül egy alsó sínen gördülő segéd-szerkezettel kiegészítve.

Ahhoz, hogy a kivitelezés közben felmerülő hibákat, csúszásokat, üresjáratokat és az ezáltal keletkező a többlet költségeket elkerüljük, mindig érdemes kiviteli tervet és munkautem tervet készíteni. A tervpályázat erre nem adott lehetőséget, de úgy gondoltuk, hogy a kapu alsó és felső csomópontjának helyes kialakítása nagyon fontos, így rész-letrajzokat készítettünk előrevetítve fenti gondolatunkat.



7. ábra. Nyílászáró panel összeállítása

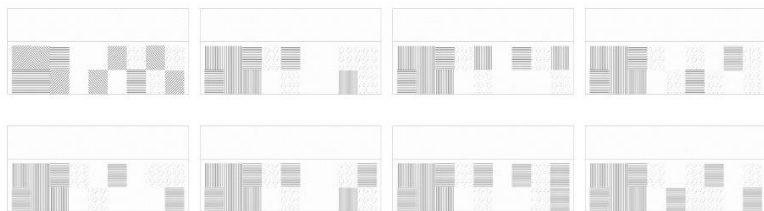
Homlokzatképzéssel és a térszervezés célja a karakteresen eltérő funkcióigények paralel kiszolgálása. Kulcsfontosságú elem a fa szerkezet struktúrájához illeszkedő pannelszerű homlokzatképzés, mely a manapság irányt mutató parametrikus építészet alaptételeit követi.

Három alapvető egysége:

tömör szalma panel (~5 000 Ft),

műanyag csövek által perforált szalma panel ,

nyílászáró panelek (~25 000 Ft).



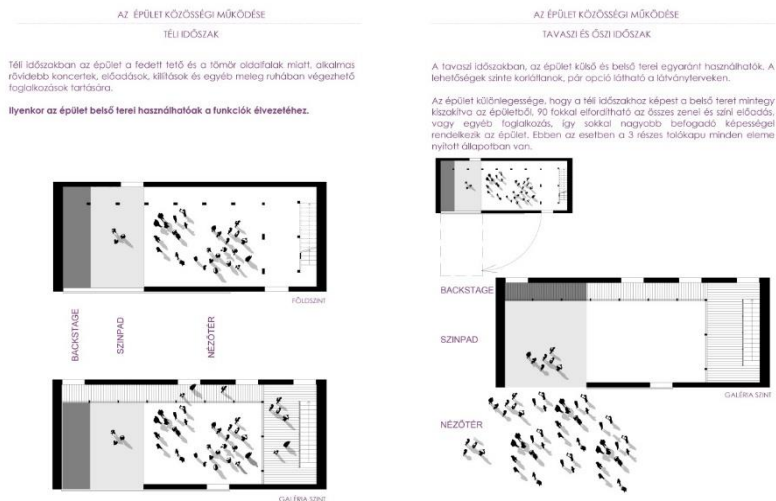
8. ábra. Homlokzat változatok

A tömör szalmaburkolat szerepe a fény és szél védett zárás biztosítása, a perforált panel célja az intenzív filtráció biztosítása, a nyílászáró panel feladata a bevilágítás, fix és manipulálható árnyékolás és a szellőztetés.

A panelek elrendezését a tervezés során – kialakításuk és egységes méretük révén – szabadon változtathattuk, így törekedtünk a jó arányokkal rendelkező homlokzati megjelenésre.

A nyílászáró panelek speciális fajtája a 3 egyedi elem-ből álló nagyméretű tolókapu, mely főbejáratként a rugalmasan alakítható térszervezés egyik alapja.

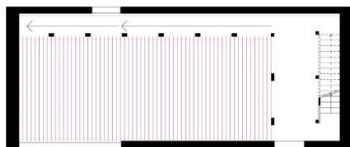
A másik kulcsfontosságú elem a galéria. Elsősorban a közösségi funkciók sokrétű és igényes kihasználását teszi lehetővé, növeli a tér befogadó képességét, és közlekedési irányokat jelöl ki. Segítségével egyedi perspektívából szemlélhetjük a zenei vagy színi előadásokat, továbbá az általa kialakított térben szervezhető kiállítás, vagy kényelmesen elfér egy kórus, mely az előadást kíséri, valamint a világítástechnika egyszerű telepítését és üzemeltetését is lehetővé teszi.



9. ábra. Az épület közösségi működése

A fenti rajzon látható, hogy a kapuk nyitásával az ideiglenes színpadot a külső tér felé fordítva a nézőközönség nagyobb létszámban vehet részt az adott kulturális eseményen. Közben a belső térben büfé, étkező vagy pihenő tér alakítható ki a színpadtól elkülönítve. Zárt állapotban kisebb közönséget megmozgató programok rendezhetők, illetve elektromos fűtéssel télisíthető az épület.

A CSOKROK ELHELYEZÉSE AZ ALAPRAJZON



A pirossal jelölt **acélhuzalokat 4 sorban** helyezzük el egyenletesen egymás felett a pillérek közé kifeszítve.

A lilával jelölt madzagokat **10 cm-enként** kötjük fel az acélhuzalokra és a burkoló lécekre a kijárat felé haladva. (haladási irány az ábrán jelölve)



A **csokrokat** a madzagokon helyezzük el nagyjából **8-10 cm-enként**.

A **fal mentén** 4-5 sorban egymás felett lehet csokrokat elhelyezni 10 cm- enként , itt 792 db fér el.

Így a **földszinten** összesen **34817 db csokrot** tudunk szárítani egyszerre.

A CSOKROK ELHELYEZÉSE A METSZETEN



A galéria szinten a **fal mellett** szintén 4-5 sorban 10 cm-enként **792 db** csokor fér el.

A két **korlát közötti** területen 10cm-es huzal távolsággal, egymás felett 3 sorban, **2772 db** csokor fér el.

A **2 szinten** összesen **38381 db csokor** helyezhető el, ami teljesíti a szükséges értéket.

10. ábra. Az épület mezőgazdasági működése

Az épület mezőgazdasági működése nyáron történik, a levendula szárítás két hetes ciklusokban történő folyamat, a köztes időszakokban az épület közösségi funkciói kerülnek előtérbe.

A 37 200 db csokor elhelyezését a következő alaprajzi és metszeti ábrásor mutatja be.

A kutatás összegzése

A tervpályázat lezárása után, biztosak voltunk abban, hogy a mai gazdasági helyzetben egy minimál költségvetésű épület is lehet jó „befektetés”. Célunk, hogy a pajta komplex hasznosíthatóságával a lehető legtöbb dologban segítse a kis közösség mindennapjait, Egyházasdengeleg virágzását.

Reményeim szerint dolgozatom hatására, definiálhatóvá válik egy olyan alkotás eszenciája, mely képes reagálni egy hely vagy egy bizonyos probléma specifikumára. Alternatív megoldást ad a költségek redukálására, az egyének bevonásával lehetőséget biztosít a közösségépítésre, az épített érték megbecsülésére és az építészeti igényesség felfedezésére.

Mellékletek

Tablo 1 – koncepció

Tablo 2 – műszaki rajzok

Tablo 3 – látványtervek

Költségbecslés

Irodalomjegyzék

Az egész országban egyedülálló: Egyházasdengelegen nem csak az iparűzési adót törölték el, hanem a gépjárműadót is megfelezték!

www.iparuzesiado.com/index.php?page=dengeleg

[Letöltés: 2013.03.16.]

Balogh István: *Dengelegi évszázadok. Egyházasdengeleg monográfiája*. Egyházasdengeleg, 2002.

Dudellai Ildikó: *Dengeleg - Egy kis falu túlélőharca Nógrádban*.

[www.oslovma.hu/index.php/sk/magyarul/172-](http://www.oslovma.hu/index.php/sk/magyarul/172-magyarul3-magyarul3/790-dengeleg-egy-kis-falu-tuleloharca-nogradban)

[magyarul3-magyarul3/790-dengeleg-egy-kis-falu-](http://www.oslovma.hu/index.php/sk/magyarul/172-magyarul3-magyarul3/790-dengeleg-egy-kis-falu-tuleloharca-nogradban)

[tuleloharca-nogradban](http://www.oslovma.hu/index.php/sk/magyarul/172-magyarul3-magyarul3/790-dengeleg-egy-kis-falu-tuleloharca-nogradban)

Egyházasdenge-

leg.hu.wikipedia.org/wiki/Egyh%C3%A1zasdengeleg.

[Letöltés: 2013.03.16.]

Pályázati kiírás. dengeleg.hu/palyazatikiiras.

[Letöltés: 2013.03.16.]

Ábrajegyzék

1. Légifotó [GoogleEarth]
2. Épített és természeti környezet [Panoramio, Pályázat kiírás, kérdések, válaszok]
3. Levendula akasztási technikák [Google Images]
4. A levendulaszáritó pajta főhomlokzata
5. A levendulaszáritó pajta belső tere
6. Levendulaszáritó pajta, nyílászáró panel
7. Nyílászáró panel összeállítása
8. Homlokzat változatok
9. Az épület közösségi működése
10. Az épület mezőgazdasági működése

Kovács Balázs¹–Süle Attila

Forex – Devizaárfolyam előrejelző robot építése neurális hálóval*

Konzulens: Dr. Pauler Gábor egyetemi docens

Kutatási célunk az euro-dollár árfolyam következő időperiódusbeli értékének előrejelzése, olyan pontossággal, hogy azt spekulációs célú ügyletek során fel lehessen használni. Ezt a célt a dolgozat kéziratának leadásáig csak részben értük el. Sikeresen egyesítettük a Forex kereskedés technikai analízishez kapcsolódó irodalmát a neurális hálózatokkal, és saját alkalmazást fejlesztettünk a feladatra. Ennek ellenére nem sikerült elfogadható minőségű becslést adnunk a záróárfolyam egy periódussal későbbi értékére. Ez az eredmény összhangban van a devizaárfolyamokat véletlen bolyongással leíró árfolyamelméletek következtetéseivel, ám úgy véljük, hogy a rendszer fejlesztésével jobb eredmények is elérhetők.

¹ Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar

* A bemutatott pályamunkát a XXX. (2011. április) OTDK Informatika Tudományi Szekciójában III. díjjal jutalmazták.

Későbbi kutatásainkban meg szeretnénk vizsgálni, hogy ennél a problémánál mely tényezők határozzák meg a neurális hálózat megfelelő általánosításához szükséges epoch-ok és neuronok számát. Ezen információ birtokában a „*trial and error*” módszernél hatékonyabb modellfejlesztést lehetne végrehajtani.

Bevezetés, problémafelvetés, az alkalmazási környezet leírása

A *Foreign Exchange Market* vagy röviden *Forex* piacon *valutapárokkal* (devizapárokkal) kereskednek, ami azt jelenti, hogy egy adott *pénz*em (currency) vétele és egy másik eladása történik egyidejűleg. Ez a művelet a két pénznem közti *átváltási árfolyamon* (exchange rate) történik. A kereskedés vagy *brókerek* vagy *tőzsdeügynökök* (dealer) közvetítésével zajlik.

A Forexen az USD a kereskedések 89%-ában, az EUR pedig 37%-ában vesz részt legalább az egyik oldalon.

A Forex piacok népszerűségét az hozta meg, hogy ma már a kis tőkével rendelkező magánszemélyek is adhatnak megbízásokat rajt. A rögzített *kereskedési meny-*

nyiség (lot size) ugyanis brókereken keresztül korlátlanul felbontható, és az *áttétel* (leverage) révén a tőke többszörösét mozgathatják a kereskedők. Nagy előnye, hogy nincsenek *jutalékok* (commissions), a brókerek szolgáltatásaikért cserébe csak a vételi és eladási árak különbségét kapják (bid-ask *spread*). Ez általában 0,1% körül mozog, de devizapáronként változhat. Ezen kívül ingyenes *demó számlák* (demo accounts), hírek, grafikonok és elemzések állnak rendelkezésre mindenki számára.

Az FX Quote

Az *FX Quote* a devizapár pénznemeinek értékhányadosát mutatja, tehát nem a mennyiségek hányadosa. Például a Forexen az angol fontnak az US-dollárral szembeni valutaárfolyama $GBP/USD = 1.7500$ azt jelenti, hogy egy angol font értéke 1,75-szerese az amerikai dollár értékének

Az *FX Quote*-ot használja például a MetaTrader 4 kereskedőplatform is.³ Ebben a szoftverben a „ / ” karaktert és az egyenlőségjelet ki sem teszik: *GBPUSD 1.7500*.

A Forex-brókerek közvetítő szerepe a devizakereskedésben elengedhetetlen a piac hatékony működése szempontjából. Azonban ahogy a többi piaci szereplő, a bróker is a saját érdekeit követi, ami pedig a profitja maximalizálását jelenti. A bróker profitját elsősorban a jutalék és az árrés befolyásolja bevételi oldalon. Mindkettő bevételi forrás a megbízó által kötött ügyletek mennyiségétől függ. Ebből következik, hogy a bróker érdeke az, hogy ügyfelei a lehető legtöbb megbízást adják neki, illetve minél több ügyféllel rendelkezzen, akik megbízást adnak neki.

A brókerek egyes marketingtevékenység révén érik el, hogy új és meglévő ügyfeleiket kereskedésre ösztönozzék. A különböző reklámok és tőzsdebajnokságok mellett részletes tananyaggal is ellátják az érdeklődőket.

A dolgozatunk első felében szeretnénk bemutatni a technikai elemzés alapvető fogalmait, módszereit, feltételeit, hogyan használják őket előrejelzésekre. A dolgozat másik felében többváltozós mesterséges intelligencia eszközökkel próbáljuk majd feltárni, mikor adnak jó jelzést az indikátorok egy idősorra. Az elemzéseket MetaTrader 4 és Joone szoftverek segítségével végeztük

el, EURUSD árfolyam 30 perces adataiból képzett idő-soron. Az inputként használt indikátorokat is ebből számoltuk.

A technicista elemzés áttekintése

A technicista elemzéssel a múltbéli ármozgások tanulmányozása által próbálunk következtetni az árfolyam elmozdulására. Ehhez 3 fő alapfeltevéssel él. Az első az, hogy minden hír már beépült az árfolyamba. A második, hogy az árak trendszerűen mozognak. Harmadszor pedig a piaci szereplők bizonyos körülmények között pszichológiai okokból ugyanúgy reagálnak a piaci eseményekre.

A technicista elemzés körébe tartozik a gyertya-alakzatok tanulmányozása, az árfolyammintázatok felismerése és a matematikai-statisztikai árfolyam-előrejelzések, indikátorok készítése. Ezek közül az utolsót mutatjuk be részletesebben.

Gyertyaalakzatok

A technicista elemzés legkedveltebb grafikontípusa a gyertya diagram (*candlestick chart*), hiszen egyszerre

négy információ is megjeleníthető rajta. Az adott időszaki nyitó (*open*) és a záró (*close*) árfolyam, valamint az időszaki maximális (*high*) és minimális (*low*) árfolyam. Az egyes gyertyák alakjából következtethetünk az árfolyam alakulására. A legismertebb irányváltást jelző alakzatok a *Doji*, *Spinning Tops*, *Hammer* és a *Hanging Man*. A folytatólagos alakzatok közül a *Marubozu* ismert.

Árfolyammintázatok

A legegyszerűbb árfolyammintázatoknak a trendek számítanak. Amikor az árfolyamértékek egy meghatározott időintervallumban egy bizonyos meredekségű egyenes mentén ingadoznak, a technicista elemzés trendről beszél.

A bonyolultabb mintázatok már különböző befektetői cselekvések logikus egymásutániségát ragadják meg. Elliot hullám elmélete (*Elliott Wave Theory*) például 5 fázisú lökéshullámra (*impulse waves*) és 3 fázisú korrekciós hullámra (*corrective waves*) bontja az árfolyammozgásokat. Árfolyamkitörések azonosításra szolgáló alakzatok közül a legismertebbek a *háromszögek* és az *ékek*. Árfo-

lyamfordulót jelző minták közül a *dupla csúcs* és a *dupla völgy*, valamint a *Head and Shoulders* népszerű.

Indikátorok

Ebben az alfejezetben csak az általunk használt indikátorok bemutatására vállalkozunk, amelyek a *Parabolic SAR*, az *MACD* és az *RSI* indikátorok.²

A Parabolic SAR (*Stop And Reversal*) indikátor vételi-eladási jelzések mellett *stop loss* szintet is ad. Akkor van vételi jelzése, ha az indikátor értéke a low árfolyam alá kerül. Akkor van eladási jelzése, ha az értéke a high árfolyam fölé kerül. Másrészt az indikátor értékeihez folyamatosan hozzáigazíthatjuk a stop loss megbízások szintjeit.

Számítása és paraméterezése elég egyedi, terjedelmi okokból bemutatásától eltekintünk.³ Vizualizációja látható az 1. ábrán:

² <http://www.thebetbulls.com/cms2/indicators> [Letöltve: 2009. november. 2.]

³ Uo.; <http://www.babypips.com/school> [Letöltve: 2009. november. 2.]; <http://www.forexbazis.hu/forex-oktatas> [Letöltve: 2009. november. 2.]

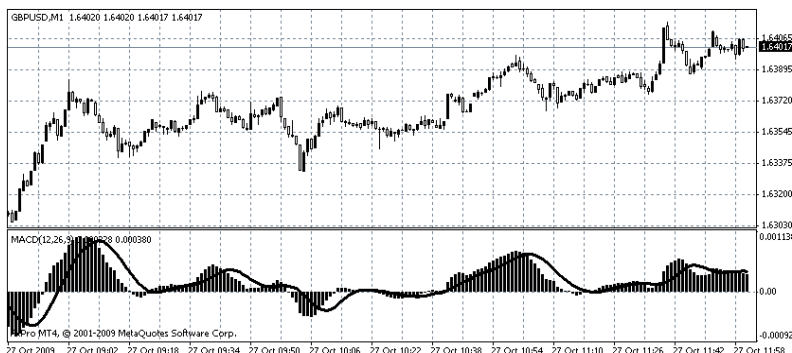


1. ábra. A Parabolic SAR indikátor vizualizációja gyertyadiagramon

Forrás: FxPro MT4, © 2001-2009 MetaQuotes Software Corp

Az MACD két exponenciálisan simított mozgóátlag különbségét mutatja.⁴ A hosszabb EMA-t (*Exponential Moving Average*) szokás 26 periódus hosszú időablakkal ellátni, a rövidebbet pedig 12-vel. Ezen értékeket szokás hisztogramon ábrázolni. Az MACD értékekből 9 tagú egyszerű mozgóátlagolással (SMA) képezik a szignál vonalat (*signal line*).

⁴ Uo.



2. ábra. Az MACD indikátor és a Signal Line
vizualizációja

Forrás: FxPro MT4, © 2001-2009 MetaQuotes Software Corp.

Az MACD (hisztogram) jelzéseit a következőképpen értelmezhetjük: nulla fölötti érték esetén az MACD vételi jelzést ad. Nulla alatti érték esetén természetesen fordított a helyzet.

A szignál vonal és az MACD összevetése alapján több különböző típusú jelzést nyerhetünk. Az első az, mikor az MACD keresztezi a szignál vonalat. A második kijelzett jelenség a túlvett (*Overbought*) és túladott (*Oversold*) szintek. A harmadik típusú jelzés pedig a *konvergenciákra* és *divergenciákra* vonatkozik.

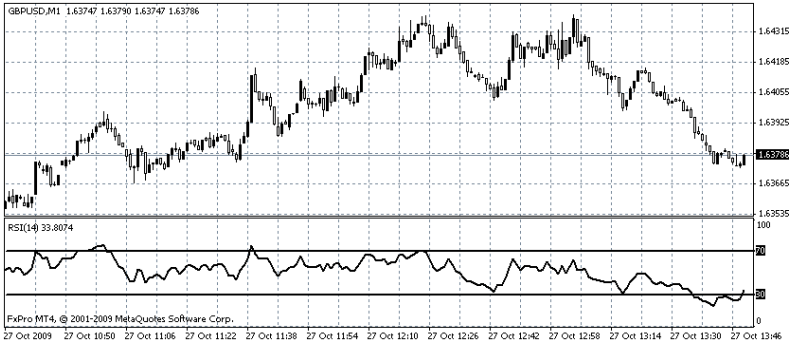
Az MACD és a Signal Line számítási képlete tehát nagyon egyszerű:

$$MACD_{i,fast,slow} = EMA_{i,fast}(Close_i) - EMA_{i,slow}(Close_i)$$

$$SL_{i,signal} = SMA_{i,signal}(MACD_{i,fast,slow})$$

A Relative Strength Index (RSI) egy adott időszak árfolyam-elemelkedéseinek nagyságát hasonlítja össze a csökkenések nagyságával.⁵ *Momentum* típusú oszcillátor, ami a piaci lendületet méri egy 0 és 100 közötti zárt skálán. 30 alatt túladozott a piac, 70 fölött túlvett. (Más forrásokban 20 és 80 szerepel határként.) Amikor az indikátor kijön a *túladozott/túlvett* tartományból, akkor *long/short* pozíciót kell nyitni. Az RSI és az árfolyam közötti divergenciák is fontos jelzést adnak.

⁵ <http://www.babypips.com/school> [Letöltve: 2009. november. 2.];
<http://www.forexbazis.hu/forex-oktatas> [Letöltve: 2009. november. 2.]



3. ábra. Az RSI vizualizációja

Forrás: FxPro MT4, © 2001-2009 MetaQuotes Software Corp.

Az RSI n paraméterének leggyakoribb beállítása 14 vagy 20 napos periódus. Számítása a következőképpen zajlik:

Ha $Close_i > Close_{i-1}$, akkor:

$$Up_i = \frac{Up_{i-1} \times (n-1) + (Close_i - Close_{i-1})}{n}$$

$$Down_i = \frac{Down_{i-1} \times (n-1)}{n}$$

Ha $Close_i < Close_{i-1}$, akkor:

$$Up_i = \frac{Up_{i-1} \times (n-1)}{n}$$

$$Down_i = \frac{Down_{i-1} \times (n-1) + (Close_{i-1} - Close_i)}{n}$$

Az RSI képlete ezek után már nincs feltételhez kötve:

$$RSI_i = 100 - \frac{100}{1 + \frac{Up_i}{Down_i}}$$

Mesterséges neurális hálózatok

A *mesterséges neurális hálózatok* a biológiai neurális hálózatok matematikai modelljét használják számítások elvégzésére. A mesterséges neurális hálózatok idegsejtekből (*neuronok*) épülnek fel, amelyek *szinapszisok* révén kapcsolódnak egymáshoz. A neuron feladata, hogy fogadja a beérkező szinapszisok felől jövő *jeleket*, *aggregálja*, majd feldolgozza saját *aktivációs függvénye* segítségével, ezt követően ennek megfelelő jelet bocsásson ki a kimenő szinapszisokon. A szinapszisok továbbítják és átalakítják a jelet attól függően, hogy mekkora *szinaptikus súlyt* rendeltek hozzájuk. A hálózat *hosszú távú memóriáját* ezek a változtatható szinaptikus súlyok adják.⁶

A neuronok aktivációs függvénye gyakran *szigmoid-függvény*, mivel ez folytonos és differenciálható, és az

⁶ Borgulya István: *Neurális Hálózatok és Függő Rendszerek*. Dialog Campus Kiadó, Pécs, 1999.

életlen (*фuzzy*) szeparációknál jobban alkalmazhatók. A neuronok azonban önmagukban nem képesek bonyolult összefüggések felismerésére, csak a *topológiák*. A topológia a neuronok halmaza és az őket összekötő szinapsziszok rendszere, amit irányított gráffal modellezhetünk, ahol a gráf csomópontjai a neuronok, élei a szinapsziszok. Többféle topológiát ismerünk, amelyek közül a leggyakoribb a *többrétegű perceptron*. Ez a topológia *rétegekbe* rendezett neuronokból épül fel. Az első kitüntetett réteg az *input réteg*. Az input réteg kívülről kap membrán értéket, amit általában lineáris jelzési függvényen keresztül továbbít a rejtett vagy az output réteg felé. A réteg szélessége mindig megegyezik a bemenetek számával. Az input réteg után további rétegek lehetnek, amelyek még nem adnak közvetlen kimenetet, ezek a *rejtett rétegek*. A rejtett réteg az input rétegtől vagy egy másik rejtett rétegtől kap membrán értéket. A jelzési függvénye általában szigmoid típusú, ami alapján tüzeleskor az output vagy egy rejtett réteg felé továbbít jelet. Végül az *output réteg* következik. Az output réteg az input vagy rejtett rétegtől kap membrán értéket, amit a leggyakrabban lineáris vagy szigmoid jelzési függvényen

keresztül továbbít a vezérelt eszköz felé. Szélessége az elvárt kimenetek szélességével egyezik meg.⁷

A rétegek közötti kapcsolatoknak is több fajtája létezik. *Direkt kapcsolat* esetén 1 neuron a másik rétegnek szintén 1 neuronjával áll kapcsolatban. *Teljes előrecsatolás* esetén az előző réteg 1 neuronjához a következő réteg összes neuronját hozzákapcsoljuk. Ezen kívül léteznek még mezőn belüli csatolások vagy több mezőn átívelő, akár visszafelé mutató csatolások is.

A neurális hálózat tudását a szinaptikus súlyokban tároljuk, ezeket azonban valamilyen módszerrel meg kell határozni. Ez általában tanulóalgoritmusok segítségével történik. Ilyenkor egy többbelemű tanítómintát töltünk a hálózat input rétegére több cikluson (*epoch*) keresztül. Közben a neurális hálózat a kezdetben véletlen értékű szinaptikus súlyokat módosítja annak érdekében, hogy a hálózat a kívánt viselkedést mutassa, azaz a becsült és az elvárt értékek közötti összesített négyzetes hiba minimális legyen. A felügyelt tanulási algoritmusok közül a backpropagation algoritmus a legismertebb. A Delta

⁷ Borgulya István: i. m.; Pauler Gábor: *DataMinig 4*. PTE-PMMK, 2001.

tanulási szabályon alapul, azonban többmezős perceptronok esetén is alkalmazható. A szinapszisok kizárólag a tanulás idejére kétirányúvá válnak, és visszafele hibajelzéseket közvetítenek. A tanulás konvergenciája az összesített négyzetes hiba csökkenési üteme alapján figyelhető meg. Ha a hálózat membrán értékei egy adott x^* vektor fele konvergálnak, és e körül Ljapunovstabil állapot alakul ki, akkor a rendszer felismerte x^* vektort.⁸

A többretegű perceptronok mellett kifejezetten idő-sori előrejelzésekre alkalmas topológiák is léteznek. Ilyen a TAM (*temporális asszociatív memória*), amely azonban nem felügyelt tanulású. A felügyelt tanulású hálózatok közül az *Elman* és *Jordan*-féle visszacsatoló hálózatok a legismertebbek, az általunk alkalmazott topológia is Elman-típusú.⁹

⁸ Pauler, Gábor: i. m.

⁹ <http://www.dlsi.ua.es/~mlf/nnafmc/pbook/node28.html> [Letöltve: 2009. november 2]; Lam, Monica: *Neural Network Techniques for Financial Performance Prediction: Integrating Fundamental and Technical Analysis. Decision Support Systems*, 2008.; *Mathworks tutorial for ELMAN*: http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/hi_stori4.html [Letöltve: 2009. augusztus]; Moosa, Imad A.: *Exchange Rate Forecasting: Techniques and Applications*. MACMILLAN BUSINESS, London, 2000.

Elman-féle hálózat

Az Elman-féle neurális hálózat Jeffrey L. Elman 1990-es munkája. A Jordan hálózatot fejlesztette tovább, itt a rejtett rétegnek van önmagára mutató csatolása.

Az input és rejtett réteg teljes csatolásai felelnek az idősoron lévő különböző mintákra való rátanulásért. Egy alakzat mintázatát a pontjainak aránya határozza meg, így a koordináta-rendszerben a hasonló minták összefüggő pontfelhőt alkotnak. A neurális háló ezt a csoportba tartozást tanulja és ismeri fel.

A rejtett réteg önmagára mutató visszacsatolása pedig az alakzatok egymásutániségát súlyozza.¹⁰

Saját fejlesztés bemutatása

A kutatás eddigi és főleg jövőbeli lépéseihez elengedhetetlen volt egy saját kereskedési rendszer felállítása, ami biztosítja a kereskedési stratégiák algoritmizálását, illetve neurális hálóval az árfolyamon lévő minták felismerését. A szoftvert EUR-USD árfolyamra és 30 perces időperiódusra terveztük.

¹⁰ Pauler, Gábor: i. m.

A program funkciót periódusonként három fő és egy kiegészítő részre osztottuk. Jelen és múltbeli devizaárfolyamok feldolgozása, hozzájuk tartozó indikátorok értékeinek számítása. Előző lépés adatainak betöltése egy ELMAN topológiájú neurális hálóba, azokkal becslés végzése. Becsült jövőbeli periódus ismeretében a kereskedési stratégia alapján automatikusan döntést hozni. Bizonyos időközönként a megelőző napok adataiból a hálózatot újratranítjuk.

A becslést végző neurális hálónak a már bemutatott ELMAN topológiáját választottuk. Ennek modellezése pedig a Joone nevű szoftverben történt.¹¹ A hálózat input mezőjére periódusonként 4 ($N=4$) változót kötötünk, amelyek a következők: devizaárfolyam záró-árai, Parabolic SAR indikátor, MACD indikátor, RSI indikátor.

A neurális háló modellezése

A felépített ELMAN hálózat a 4. ábrán látható.¹²

¹¹ JOONE <http://www.joone.org> [Letöltve: 2009. április]

¹² Uo.

File Input mező: Ez egy pontosvesszővel határolt, mezőnevek nélküli, kizárólag numerikus változókat tartalmazó szövegfájlból tölti be az összes megfigyelést.

Normalizer/UnNormalizer: a megadott változókat lineárisan egy zárt intervallumba transzformálja, segítségével a tanulás során jobb konvergenciát értünk el.

Delay: Késleltetett mező. T időperiódus jelzéseit bufferelő neuron-másolatokat tartalmazó mező, összesen $N \times (T+1)$ neuronnal és outputtal, időszori becslések-nél időablak képezhető vele.

Visszacsatolt rejtett réteg: A rejtett mezőnek van önmagára mutató csatolása (ezt szintaktikai okok miatt 2 Linear Layer, 2 Direct és 1 Full szinapszis építi fel). Ennek funkcióját korábban bemutattuk.

Output mező: Az önmagára csatolt rejtett mező után az 1 neuron széles output mező következik, ami az $x_{(t+1)}$ becsült záróár értéket jelzi ki.

File Output mező: Az output mező tartalmát a normalizálatlan formában kiírja egy pontosvesszővel elválasztott fájlba.

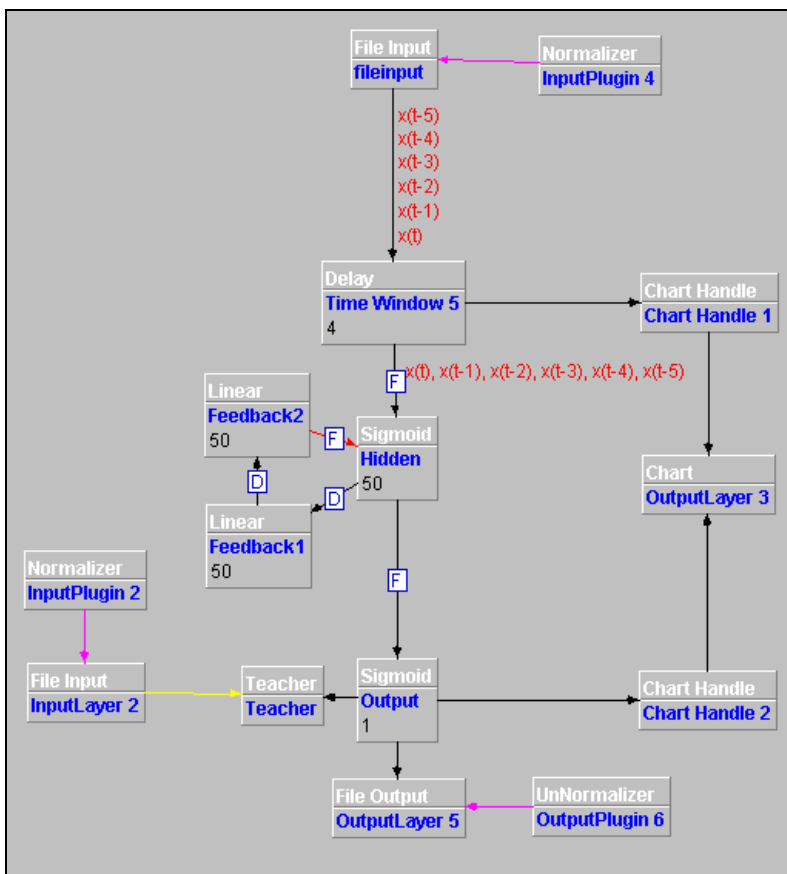
Chart / Chart Handle: A munka segítségét szolgáló grafikonok megjelenítése, mint az RMSE változása, vagy a tényleges és becsült idősor összehasonlítása.

Teacher: Feladata a hálózat tanításának levezénylése. Összehasonlítja a hálózat becslését az elvárt outputtal, a különbségükből hibatagokat képez, majd kiszámítja az átlagos négyzetes hibát.

Az ELMAN hálózat tanítása és validációja

A tanítás EURUSD devizapáron, 30 perces adatokon történt. 2009.10.12 – 2009.10.14 közötti árfolyamokból képeztük a tanítómintát, a tesztmintát a 2009.10.14 – 2009.10.16 közöttiekből. A rejtett mező szélessége 50 neuron volt, a tanulási rátát 0,5-ről indulva dinamikusan csökkentettük.

A modellek validálását R^2 determinációs együttható segítségével végeztük el.



4. ábra. A Joone-ban modellezett ELMAN neurális háló

Forrás: Joone – Java Object Oriented Neural Engine

3000 epochos tanítás mellett a tanítóminta becslésének determinációs együtthatója 88,51%, ami elfogadható. A tesztmintán ugyanez a mérőszám azonban csak 17,76%, ezt egyértelműen nem fogadhatjuk el. Ez azt jelenti, hogy 3000 epoch túl sok volt, a hálózat túltanult.

65 epoch esetén a tesztmintán az R^2 továbbra is jó, 87,34%, tehát elfogadjuk a modellt. A tesztmintán most azonban a 75,39%-os értéket kaptunk, azaz a modell elérte az elfogadásához szükséges határt, bár spekulatív ügyletek esetén ennél magasabb megbízhatóságra is szükség lehet. A jövőbeli kutatásunkban erre törekszünk.

Összefoglalás

A bemutatott téma nagyon nagyméretű, ezért a bemutatott kutatást nem tekintjük befejezettnek. Megfelelő tudást és technikai alapot fektettünk le ahhoz, hogy a munka a kari TDK után ne álljon meg. és további ötleteinket felhasználjuk, jó esetben hatékonyságukat javítjuk.

A forex technicista kereskedés bemutatása mellett dolgozatunk bemutatta a neurális hálózatok időszori előrejelzésben való használhatóságát, és egy konkrét időszorra kapott eredményeinket is elemeztük. A módszer ígéretes, azonban spekulációs ügyletekhez egyelőre kockázatos lenne alkalmazni, további fejlesztésre van szükség.

A jövőben tervezett feladataink között szerepel az ELMAN hálózat továbbfejlesztése még jobb eredmények érdekében és egy összehasonlítás mesterséges intelligenciát nem használó, kereskedelmi forgalomban lévő termékekkel.

Irodalomjegyzék

Backpropagáció idősorokon:

<http://www.dlsi.ua.es/~mlf/nnafmc/pbook/node28.html>

[Letöltve: 2009. november 2]

Borgulya István: *Neurális Hálózatok és Fuzzy Rendszerek.*

Dialog Campus Kiadó, Pécs, 1999.

FxPro MT4, © 2001-2009 MetaQuotes Software Corp.

JOONE <http://www.joone.org> [Letöltve: 2009. április]

Lam, Monica: *Neural Network Techniques for Financial Performance Prediction: Integrating Fundamental and Technical Analysis. Decision Support Systems*, 2008.

Mathworks tutorial for ELMAN:
<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/histori4.html> [Letöltve: 2009. augusztus]

Moosa, Imad A.: *Exchange Rate Forecasting: Techniques and Applications*. MACMILLAN BUSINESS, London, 2000.

Pauler Gábor: *DataMinig 4*. PTE-PMMK, 2001.

<http://www.babypips.com/school> [Letöltve: 2009. november. 2]

[<http://www.forexbazis.hu/forex-oktatas>] [Letöltve: 2009. november. 2]

[<http://www.thebetbulls.com/cms2/indicators>] [Letöltve: 2009. november. 2]

*Kovács Gábor**

Cölöpök terhelés-süllyedés diagramjának elméleti meghatározása

Konzulens: Dr. Mecsi József egyetemi tanár

Előzmények

A témaválasztás indoklása

A dolgozat témaválasztása a cölöpök terhelés-süllyedés diagramjának meghatározása személyes érdeklődésből fakadt. Tanulmányaim derekán aktív szemlélőként részt vehettem egy statikus cölöp-próbaterhelésen. Az itt tapasztaltak elmélyítésében dr. Mecsi József játszott nagy szerepet, aki felhívta a figyelmem a próbaterhelések elméleti alapú modellezésének lehetőségére, illetve ösztönzött a témával való foglalkozásra.

* A bemutatott pályamunkát a XXX. (2011. április) OTDK Műszaki Tudományi Szekciójában III. díjjal jutalmazták.

A cölöp-próbaterhelések modellezésének megfontolásai

A kivitelezések, építések során például egy híd cölöpökkel történő alapozásakor általában egy-egy cölöp-próbaterhelésre kerül sor. Pedig tudott, hogy egy híd, főleg egy nagyobb híd esetében az egyes támaszoknál, támaszok környezetében a talajrétegződés eltérhet. Olykor jelentősen el is tér, ami természetesen befolyásolja a cölöp, illetve a cölöpcsoport teherbírását és a süllyedését. Ezért lenne indokolt több próbaterhelés készítése. Ennek azonban olykor hatósági, érdekeltségi, máskor pedig anyagi támogatottsága nincs.

A legtöbb esetben a talajfeltárás elfogadható adatokat szolgáltat – hidaknál maradvá – az egyes támaszok környezetének talajrétegződéséről és talajparamétereiről. Ezek alapján képet lehetne kapni esetleges teherbírási képletek vagy próbaterhelés modellezéssel az adott alapozási területen épített cölöpök süllyedéséről és teherbírásáról. A modellekhez, mint valóságot közelítő eszközökhöz szükséges, hogy valamilyen módon ellenőrzést biztosítsunk. Ehhez, mint említettem, általában készül legalább egy cölöp-próbaterhelés egy cölöpalapozási

munka során. A modellünk tehát esetlegesen kalibrálható e valós próbához. Ezt követően pedig alkalmazható teherbírás és süllyedés szempontjából talajfeltárt területek modellezésére.

A használt teherbírás számítási képletek jó képet adnak a cölöp teherbírásáról, de magáról a süllyedésről kevésbé használhatót. A másik felmerülő kérdés, hogy már a teljesen lehajtott cölöpöt vesszük-e számítások során figyelembe és lehajtási vagy a terhelési folyamatot nem. A folyamatok vizsgálatának kérdését, szükségességét Kézdi Árpád hangsúlyozza: „... egyre inkább törekednünk kell a folyamatok vizsgálatára. Korábban éppen az ismeretek, tapasztalatok hiánya miatt az volt az általános, hogy egyes kitüntetett – bár kétségtelenül lényeges – állapotot, eseményt vizsgáltunk.”

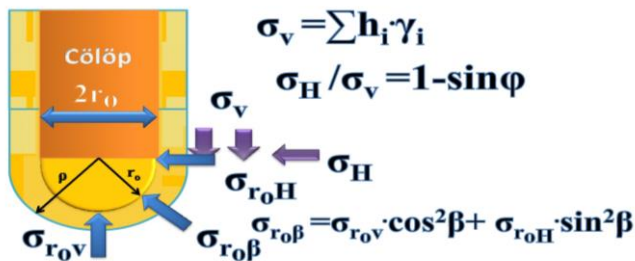
Dolgozatom elméleti úton közelíti meg a modellezés kérdését, melynek alapjait Mecsi József rakta le. A feladatom a dolgozatban ezen elméletnek az alkalmazása cölöp-próbaterhelés modellezésére vert cölöp esetén. Az alkalmazás tapasztalatai, adatai adalékul szolgálhatnak későbbi kutatásokhoz, munkákhoz.

Az eljárás elméletének rövid ismertetése

Az elgondolás abból indul ki, hogy a cölöpcsúcs alatt a talaj tömörödik és szinte merev testszerűen viselkedik. E merev testszerű viselkedés lehetővé teszi, hogy ne a cölöp talpon megoszló feszültségekkel számoljunk, hanem a kialakult tömörödött zóna mentén keletkező feszültségekkel.¹ A kialakult tömörödött zóna alakja gömbszerű, melyet korábban már feltételeztek, illetve kismodell kísérletekkel igazoltak is (Petrasovits 1988,1992).

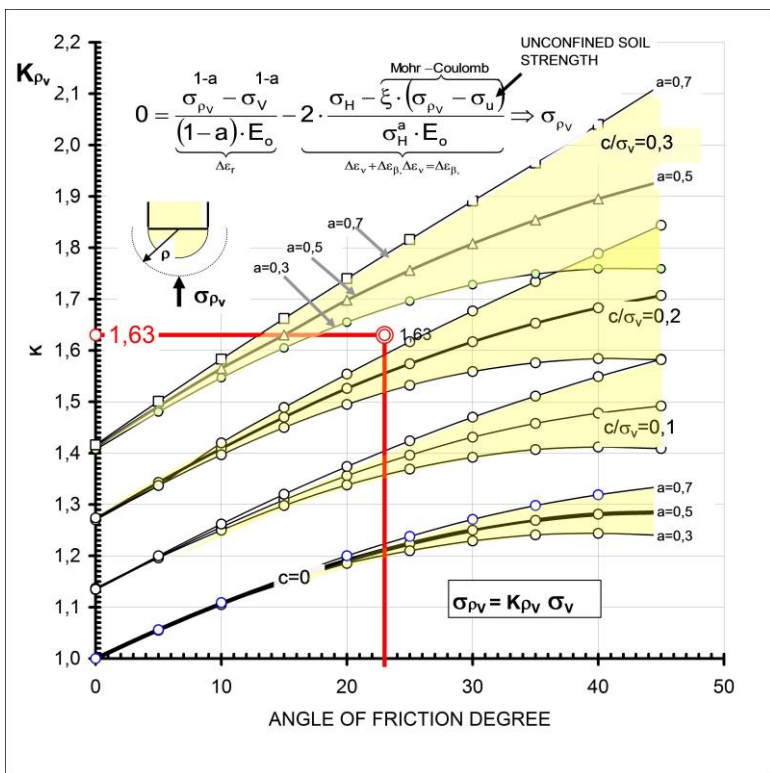
Ez azt jelenti, hogy a cölöp csúcsellenállását e feszültségekből (1. ábra) számíthatjuk oly módon, hogy a térfogat állandóság és Mohr-Coulomb feltételt egyszerre teljesítő tömörödött zóna határán végezzük (3. ábra). A kialakult gömbfelület feszültségeloszlása szimmetrikus, tehát elegendő a fél gömbfelületet, annak is középtengely által kimetszett síkját vizsgálni.

¹ Mecsi József: A talajok összetett feszültségi állapota a talaj és szerkezet kölcsönhatásának vizsgálatában. Budapest, 2004.



1. ábra. Cölöptalp alatti feszültségek

Az első lépés a függőleges és vízszintes félgömb sugárirányú feszültséget a fenti feltételek teljesüléséből kiindulva számítani.



2. ábra. A sugárirányú feszültség meghatározásához szükséges diagram (Forrás: Mecsi: i. m.)

Az 1. ábrán látható képletek alapján, azaz abból a helyzetből indulunk ki, amikor még nincs lehajtva a cölöp és az ekkor feszültségek uralkodnak a talajban. Ezek a feszültségek a függőleges és vízszintes talajfeszültségek. Ezután következik a ferde szögű (β) feszültségek

számítása a tömörödött zóna mentén (már a lehajtott a cölöp), melyeket elég 15 fokonként számítani.

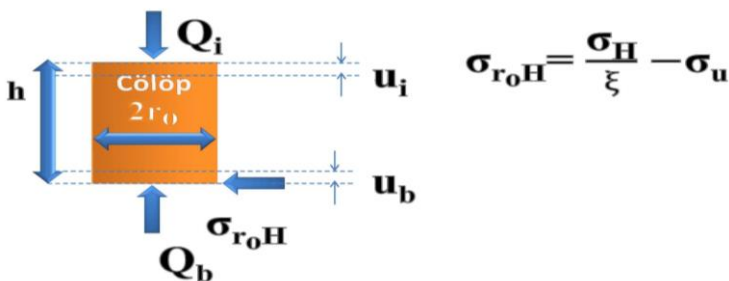
$$\begin{aligned} \frac{\Delta \varepsilon_{pv}}{\frac{\sigma_{pv}^{1-a} - \sigma_v^{1-a}}{(1-a) \cdot E_0}} - 2 \cdot \frac{\Delta \varepsilon_t}{\frac{\sigma_H - \xi \cdot (\sigma_{pv} - \sigma_u)}{\sigma_H^a \cdot E_0}} &= 0 \\ \frac{\Delta \varepsilon_{pH}}{\frac{\sigma_{pH}^{1-a} - \sigma_H^{1-a}}{(1-a) \cdot E_0}} - \frac{\Delta \varepsilon_t}{\frac{\sigma_H - \xi \cdot (\sigma_{pH} - \sigma_u)}{\sigma_H^a \cdot E_0}} &= 0 \end{aligned}$$

3. ábra. A cölöptalp alatti zóna határa

Az így számított sugárirányú feszültségek függőleges komponenseinek összegzésével juthatunk el a kialakult ellenállásértékig, melyet a cölöpsúlyával és a függőleges feszültséggel csökkentve definiálhatjuk a tényleges talp-ellenállást, és a hozzá tartozó talaj összenyomódást.

A talp ellenállásból és az alatta lévő talaj összenyomódásából kiindulva a cölöp palástja mentén mobilizálódó a palást ellenállás meghatározása. A cölöpöt talajrétegenként részekre osztjuk vagy homogén talajrétegben 2 m-es részekre. A cölöprész talpánál kiszámítjuk a vízszintes feszültséget, 4. ábra képlete, ahol σ_u az elméleti egyirányú nyomószilárdság, a vízszintes feszültség és ξ , mely számítása szintén a lenti ábrán látható. A víz-

szintes feszültségből a nyírószilárdságot Coulomb elmélete alapján. Figyelembe vesszük azt az elmozdulást is, melynél már mobilizálódik a teljes palástellenállás, illetve azt is, ha nem.



4. ábra. Az egyes cölöprészek erőjátéka

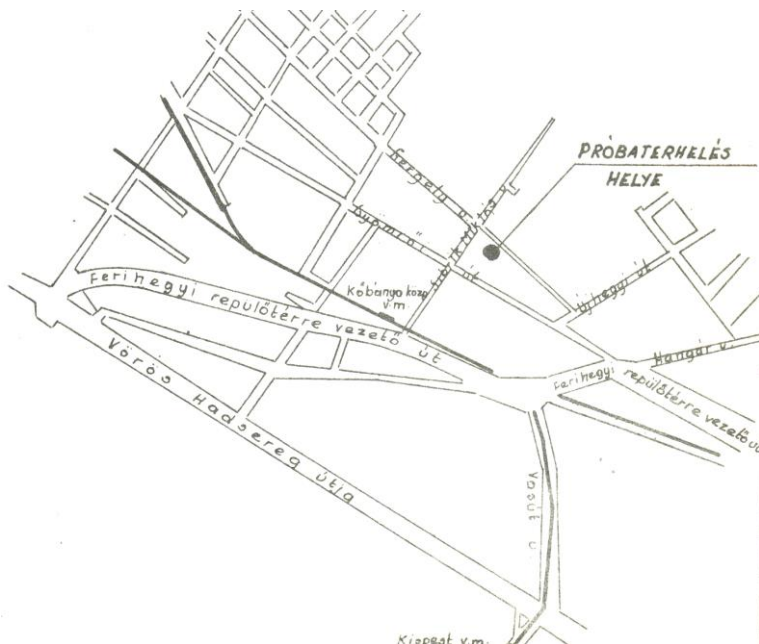
Végül a talpellenállás és az egyes cölöprészek mentén működő palástellenállások összege adja teljes cölöpel-lenállás értékét. A talp alatti talaj összenyomódása és a cölöp összenyomódásának összege adja a teljes ellenál-láshoz tartozó összenyomódás értékét.

A számítás

A cölöpözés helyszínrajzi és talajadottságai

A cölöp-próbaterhelés helye Budapest X. kerület Kőbánya-Újhegyi lakótelep Öregek Háza. Az 5. ábrán

látható a helyszínrajz. Megállapítható, hogy lakott városi övezetről van szó, ennek tudható be a felső szemcsés feltöltéses, épülettörmelékes réteg.



5. ábra. A próbaterhelés helyszínrajza

A cölöp típusa vert, 6 m hosszirányú és 30 cm x 30 cm keresztmetszeti méretű.

Megnevezés	Mélység (h) [m]	Térfogatsúly (γ) [kN/m ³]	Kohézió (c) [kN/m ²]	Súrlódási szög (φ) [°]	Deformációs tényező (E_0) [kN/m ²]
feltöltés	2.8	17.00	0.00	20	
homokos iszap	3.7	18.00	20.00	18	
sárgásszürke kavicsos homok	4.8	19.00	0.00	32	
Sárgásszürke homok	5.8	19.00	0.00	30	12000

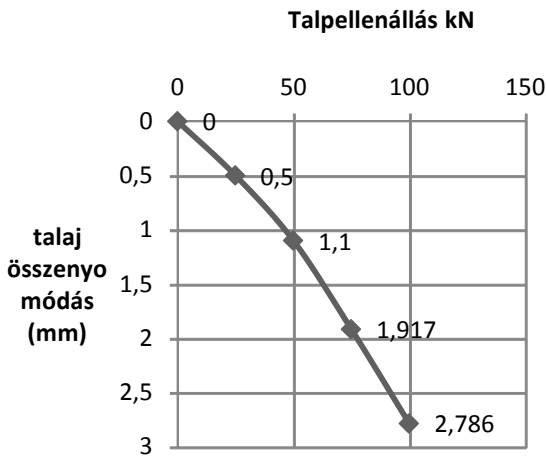
1. táblázat. Talajrétegződés és -jellemzők

A talajrétegződés- és jellemzőket az 1. táblázat tartalmazza. A cölöpcsúcs 1 m mélyen nyúlik a sárgásszürke homok talajrétegbe és alatta még további 2 m rétegvastagság húzódik.

A számításhoz további paraméterek is szükségesek, melyek hiányában szakirodalmi ajánlásokkal dolgoztunk. Ezek alapján a szükséges deformációs modulus értékét 12MPa-ra vettem fel, mely a közepesen tömör homoktalajokra jellemző.

Elegendő a talp alatti deformációs modulus értéke, mert csak a talp alatti deformációt vizsgáljuk.

A helyszínrajzi és talajadatokat a 2 forrás szolgáltat-
ta.



6. ábra. Talpellénállás-összenyomódás diagram

r	σ_{rov}	$\sigma_{rov}^{0,5}$	$\Delta \varepsilon_r$	Δu	$\Sigma \Delta u$
m	kN/m ²	kN/m ²	%	mm	mm
0.17	454.29	21.31	1,86%	0.000	0.000
0.2	365.79	19.13	1,49%	0.502	0.502
0.4	145.16	12.05	0,31%	1.801	2.303
0.43	131.82	11.48	0,22%	0.079	2.382
0.5	120.97	11.00	0,14%	0.123	2.505
0.6	113.70	10.66	0,08%	0.108	2.613
0.7	110.00	10.49	0,05%	0.065	2.679
0.8	107.92	10.39	0,03%	0.042	2.721
0.9	106.66	10.33	0,02%	0.029	2.750

2. táblázat. 100kN talpellénállásához tartozó számítási eredmények

A számítás kiindulási adatai

A kiindulási adatok javarészt az 1. táblázatban kerültek bemutatásra. Ebben a fejezetben az ezen kiindulási adatokból származtatott feszültségértékek és egyéb, a számításhoz szükséges értékek kerülnek definiálásra.

A függőleges feszültségek összege a cölöp csúcsának mélységében (1).

$$\Sigma \sigma_{r,i} = 103,7 \text{ kPa} \quad (1)$$

A vízszintes feszültséget a nyugalmi nyomási szorzóval (K_0) számíthatjuk (2,3).

$$K_0 = 1 - \sin \phi = 1 - \sin 30^\circ = 0,5 \quad (2)$$

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0 = 101,5 \cdot 0,5 = 51,8 \text{ kPa} \quad (3)$$

A feszültségeloszlás hatványkitevőjét (a) a szemcsés talajokra jellemzően vettem fel 0, mely a talaj felkeményedésével összefüggő tényező. $a = 0,5$

Az egyirányú nyírószilárdság elméleti értéke a σ_u a (4) képlet szerint számítható.

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot c}{\xi} = 0 \quad (4)$$

$$\xi = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = \frac{0,5}{1,5} = \frac{1}{3} \quad (5)$$

Az elmélet kör keresztmetszetű cölöpre lett kidolgozva, ezért a négyzet keresztmetszetű cölöp felületének kör keresztmetszetre történő átszámítást alkalmaztam (6). Ez lesz a tömörödési zóna kezdeti sugara.

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,3 \cdot 0,3}{\pi}} = 0,17\text{m} \quad (6)$$

A deformációs modulusnak a tömörödés miatt létrejövő felkeményedését figyelembe vehetjük (7).

$$E_s = E_0 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sigma_e} \right)^a \quad (7)$$

Ahol:

E_0 a kezdeti deformációs modulus,

σ_e a dimenzió azonosító érték $\sigma_e = 100\text{kN/m}^2$,

a hatványkitevő, mely talaj jellemző.

A számítás részletei

A számítás első lépése a cölöp talp alatti tömörödött zóna függőleges sugarának meghatározása. A meghatározásnak a feltétele az, hogy zóna körül térfogatállandó marad a talaj és a határon érvényes a Mohr-Coulomb feltétel (8).

$$\frac{\sigma_{\rho v}^{1-a} - \sigma_v^{1-a}}{(1-a) \cdot E_0} - \frac{2 \cdot \sigma_h - \zeta \cdot (\sigma_\rho - \sigma_u)}{\sigma_h^a \cdot E_0} = 0 \quad (8)$$

A függőleges sugárirányú feszültség:

A képletből kifejezve $\sigma_{\rho v}$ -t:

$$\sigma_{\rho v} = 130,04 \frac{kN}{m^2}$$

Lehetőségünk van a képlet alapján készült diagrammal (2. ábra) számolni úgy, hogy leolvassuk a nyomási szorzó értékét ($K_{\rho v}$) a c/σ_v arányában és az a hatványkitevő figyelembevételével, ezután ezzel felszorozzuk a függőleges feszültség értékét (9).

$$K_{\rho v} = \frac{\sigma_{\rho v}}{\sigma_v} \rightarrow \sigma_{\rho v} = K_{\rho v} \cdot \sigma_v \quad (9)$$

A sugárirányú függőleges feszültség meghatározása után a vízszintes sugárirányú feszültséget kell meghatározni. Hasonlóan a függőleges sugárirányú feszültség meghatározásához a (10) számíthatjuk, vagy diagrammal számolhatunk ($K_{\rho h}$) a c/σ_h és a segítségével)

$$\frac{\sigma_{\rho h}^{1-a} - \sigma_h^{1-a}}{(1-a) \cdot E_0} - \frac{2 \cdot \sigma_h - \zeta \cdot (\sigma_\rho - \sigma_u)}{\sigma_h^a \cdot E_0} = 0 \quad (10)$$

Kifejezve a $\sigma_{\rho h}$ -t:

$$\sigma_{\rho h} = 80,16 \frac{kN}{m^2}$$

Ezek alapján már egy egyszerűsítést alkalmazva meghatározható a talpellenállás. Az egyszerűsítés abban áll, hogy a tömörödés határán minden hajlásszögben nem számítjuk a sugárirányú feszültségeket, hanem ismerve a függőlegest és a vízszintest közöttük a változást lineárisnak tételezzük fel. Arra figyelni kell, hogy a kezdeti feszültséggel csökkenteni kell a függőleges sugárirányú feszültségeket. Ezek alapján a következő képletet kapjuk:

$$Q_b = \Delta\sigma_{rov} \cdot r_0^2 \cdot \pi^2$$

A megoldás innen közelítéssel történik úgy, hogy egy csúcscellenállás feltételezünk először:

$$Q_{b0} = 50kN$$

Majd a (11) képletbe behelyettesítve kifejezzük és számítjuk a sugárirányú feszültségnövekményt a $\Delta\sigma_{rov}$ -t.²

$$\Delta\sigma_{rov} = \frac{Q_{b0}}{r_0^2 \cdot \pi^2} = \frac{50}{0,17^2 \cdot \pi^2} = 175,3 \frac{kN}{m^2} \quad (11)$$

² Mecsi József: i. m.

A növekményből és kezdeti függőleges feszültségből már számolható a felvett talpellenálláshoz tartozó teljes r_o -hoz tartozó sugárirányú függőleges feszültség.

A sugárirányú függőleges feszültségből számítható a tömörödött talajzóna függőleges feszültséghez tartozó sugara a ϱ (12).

$$\rho = \left(\frac{\sigma_{rov} + c / \tan \varphi}{\sigma_{\rho,v} + c / \tan \varphi} \right) \frac{1 + \sin \varphi}{4 \cdot \sin \varphi} \cdot r_o = \left(\frac{279 + 0}{130,04 + 0} \right) \frac{1 + \sin 30^\circ}{4 \cdot \sin 30^\circ} \cdot 0,17 = 0,30 \text{m} \quad (12)$$

A következő lépésben felvesszünk tömörödési zóna sugarakat és azokhoz számítunk σ_{rov} -t. Arra ügyelve, hogy a ϱ értékét meghaladó sugaraknál már más képletel kell számolnunk.

Ha az sugár kisebb vagy egyenlő ϱ -val:

$$\sigma_{rv} = (\sigma_{\rho,v} + c / \tan \varphi) \cdot \frac{\rho}{r} \frac{1 + \sin \varphi}{4 \cdot \sin \varphi} - c / \tan \varphi \quad (13)$$

Ha a sugár kisebb vagy egyenlő ϱ -val:

$$\sigma_{rv} = (\sigma_{\rho,v} + c / \tan \varphi) \cdot \left(\frac{\rho}{r} \right)^3 + \sigma_v \quad (14)$$

A fenti képletek alapján az eredmények a 3. táblázatban és a 8. ábrán látható, diagramon ábrázolva is.

A következőkben a fajlagos összenyomódást kell számolnunk a fenti feszültségekből (15) alapján.

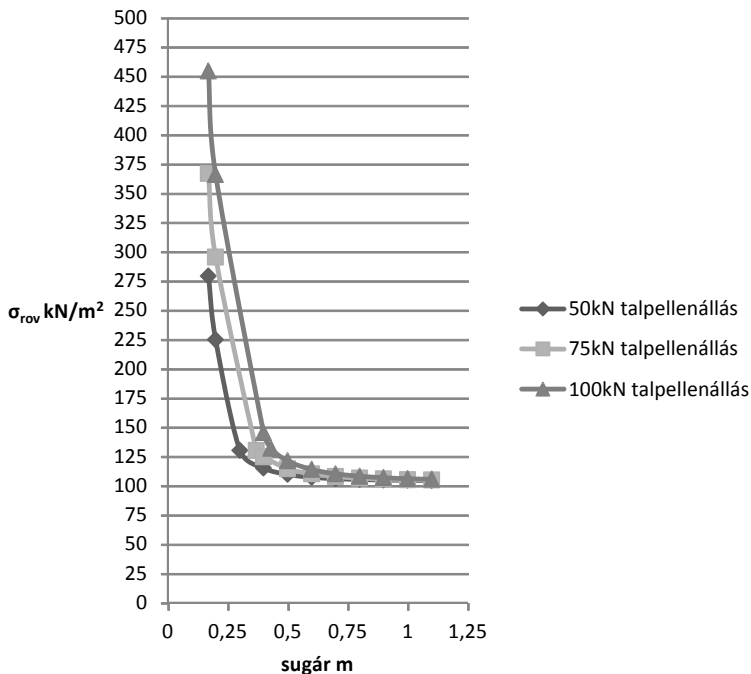
$$\Delta \varepsilon_r = \frac{\sigma_{rov}^{1-a} - \sigma_v^{1-a}}{(1-a) \cdot E_0} \cdot \frac{\sigma}{\sigma_e} \quad (15)$$

Az eredményeket a 3. táblázat és a 9. ábra tartalmazza, illetve szemlélteti.

Az elmozdulások számítás a következő képlettel valósítható meg:

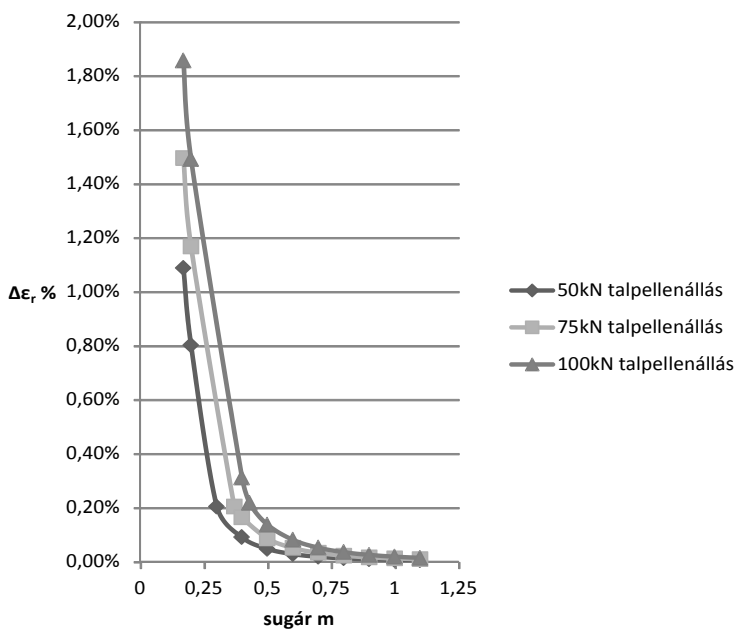
$$\Delta u = \frac{\Delta \varepsilon_{r,i} + \Delta \varepsilon_{r,i+1}}{2} \cdot (r_{i+1} - r_i). \quad (16)$$

Az elmozdulások értékei a 3. táblázatban és a 6. ábrán láthatók.



7. ábra. Az egyes talpellenállások s a hozzájuk tartozó összegzett talaj összenyomódás

A teljes összenyomódás az egyes feszültségekhez tartozó elmozdulások összegzésével kapható. A táblázat adataiból látható, hogy sugár további növelésével az összenyomódás növekménye már nem számottevő. Ez az összenyomódás tartozik az adott talpellenállás értékhez.



8. ábra. A fajlagos alakváltozások változása a sugár függvényében

A közelítés következő lépése az, hogy a Q_b értékét most 25kN, 75 kN-nak, majd 100 kN-nak definiáljuk és az előzőeket ismételten kiszámoljuk. Rendre a 4., 5. és a 2 táblázat tartalmazza a feltételezésekből számított értékeket. A 8., 9. és 6. ábra az eredményeket ábrázolva szemlélteti.

r	σ_{rov}	$\sigma_{rov}^{0,5}$	$\Delta\epsilon_r$	Δu	$\Sigma\Delta u$
m	kN/m ²	kN/m ²	%	mm	mm
0.17	191.35	13.83	0,61%	0.000	0.000
0.2	154.07	12.41	0,37%	0.147	0.147
0.23	130.04	11.4	0,20%	0.078	0.225
0.4	108.52	10.42	0,04%	0.210	0.434
0.5	106.17	10.3	0,02%	0.030	0.464
0.6	105.13	10.25	0,01%	0.016	0.480
0.7	104.6	10.23	0,01%	0.009	0.489
0.8	104.3	10.21	0,00%	0.006	0.495
0.9	104.12	10.2	0,00%	0.004	0.500
1	104.01	10.2	0,00%	0.003	0.503

3. táblázat. 25 kN talpellenálláshoz tartozó számítási eredmények

Az így megkapott cölöptalp ellenállás és süllyedés értékekből, talajrétegenként elkülönítve számolható a palást menti ellenállás és a cölöp összenyomódásából származó elmozdulás.

Az egyes talpellenállások s a hozzájuk tartozó összegzett talaj összenyomódás a 7. ábrán lettek ábrázolva. A továbbiakban ezen ábrán feltüntetett értékekhez a palástellenállásokból származó teherbírás és a cölöp összenyomódásból származó elmozdulás értékek adódnak hozzá.

r	σ_{rov}	$\sigma_{rov}^{0,5}$	$\Delta\epsilon_r$	Δu	$\Sigma\Delta u$
m	kN/m ²	kN/m ²	%	mm	mm
0.17	366.64	19.15	1,49%	0.000	0.000
0.20	295.21	17.18	1,17%	0.399	0.399
0.37	130.04	11.40	0,20%	1.164	1.563
0.40	124.53	11.16	0,16%	0.055	1.618
0.50	114.36	10.69	0,09%	0.124	1.742
0.60	109.87	10.48	0,05%	0.067	1.809
0.70	107.59	10.37	0,03%	0.041	1.850
0.80	106.30	10.31	0,02%	0.026	1.876
0.90	105.53	10.27	0,01%	0.018	1.894

4. táblázat. 75kN talpellenálláshoz tartozó számítási eredmények

A palást súrlódás számítása

Minden talajrétegre számítani kell a vízszintes sugárirányú feszültséget (17).

$$\sigma_{roh} = \frac{\sigma_h}{\xi} + \sigma_u \quad (17)$$

A talaj és a cölöp közötti nyírófeszültség maximumát (τ_{ult}) a Mohr-Coulomb összefüggés alapján határozhatjuk meg. Ebből számítható adott rész cölöpre a fajlagos teljes nyírófeszültség (t_{ult}). Aztán attól függően, hogy az adott talajnak mekkora elmozdulás szükséges a teljes nyírószilárdság mobilizálódásához számolnunk kell a talp elmozdulásából kiindulva, hogy elértük-e a

mobilizálódáshoz szükséges elmozdulást (Δu_l). Ha igen, akkor a teljes fajlagos feszültségből számoljuk az ellenálló erőt a cölöprészre.

A fajlagos nyírószilárdság:

$$t_{ult} = 2 \cdot r_0 \cdot \pi \cdot \tau_{ult} \quad (18)$$

Ha nem, akkor a következő képletek segítségével érhetünk célt.

A merevségi index, mely adott cölöprészre jellemző:

$$k = \sqrt{\frac{t_{ult}}{A_{ult} \cdot E_c \cdot A_c}}, \quad (19)$$

ahol:

E_c a beton cölöp rugalmassági modulusa,

A_c a cölöp keresztmetszeti mérete.

Az alsó cölöprészből elindulva csak a Q_i erő ismeretlen.

$$u_b = \frac{Q_b - Q_i \cdot ch(k+h)}{k \cdot E_c \cdot A_c \cdot sh(k+h)} \quad (20)$$

A Q_i ismeretében a cölöprész tetejénél értelmezhető elmozdulást számíthatjuk, melyet összevetve a mobilizációhoz szükséges elmozdulással megkapjuk a létrejött palást ellenállás fajlagos értékét.

Lehet alkalmazni közelítést is, miszerint a talpalatti talaj összenyomódását arányosítva a mobilizálódáshoz szükséges értékkel, majd ezzel az aránnyal szorozva a fajlagos értéket kaphatjuk közelítve a palást ellenállást adott cölöprészre.³

A fenti számítások eredményeit táblázatszerűen rendre a 6., 7. és 8. táblázatban mutatom be.

	σ_{pV}	σ_{pH}	σ_{rohmax}	t	t	txh_i
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m	kN
H=5,8 m-nél	145.9	89.41	186.85	107.81	172.5	172.5
H=4,8 m-nél	122.6	81.87	160.9	100.48	160.76	160.76
H=3,7 m-nél	93.4	70.54	114.81	57.28	91.65	100.815
H=2,8 m-nél	74.3	53.9	95.4	49.61	79.37	111.118

5. táblázat

³ Mecsi József: i. m.

A palástellenállásokat is az adott talpellenállások szerint számoljuk. Az eredmények táblázatosan a 7. táblázatban láthatók.

Az egyes cölöprészekre erők hatására elszenvedett összenyomódását Hooke szerinti összefüggéssel számíthatjuk (21).

$$u_i = \frac{Q_b + Q_i}{2 \cdot E_c \cdot A_c} \cdot h \quad (21)$$

Ezt az értéket hozzáadjuk az előző rész elmozdulás értékeihez. A számítások eredményei a 7. táblázatban.

Mélység	τ_{ult}	t_{ult}	Q_i	u_i	Q_i	u_i
m	kN/m ²	kN/m	kN	mm	kN	mm
5.8	107.81	172.50	25.00	0.51	50.00	1.1
4.8	100.48	160.76	199.23	181.23	125.90	1.13
3.7	57.28	100.82	229.72	361.95	182.98	1.16
2.8	49.61	79.37	298.61	542.67	405.21	1.27

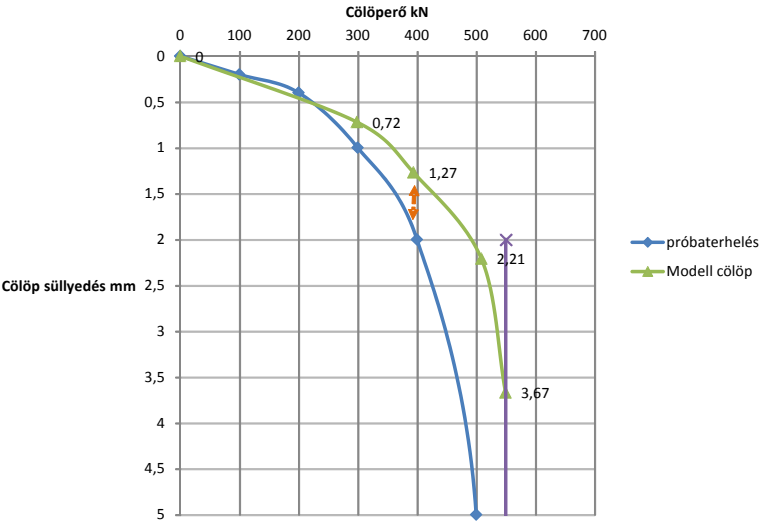
6. táblázat

Az eredmények ábrázolása cölöp-erő-cölöpsüllyedés diagramba feltüntetve a tényleges próbaterhelés diagramját is (10. ábra). Megjegyzendő, hogy a próbaterhelés

eredeti dokumentációjának másolata a mellékletek között megtalálható.

Mélység	τ_{ult}	t_{ult}	Q_i	u_i	Q_i	u_i
m	kN/m ²	kN/m	kN	mm	kN	mm
5.8	107.81	172.50	75.00	1.92	105.30	3.44
4.8	100.48	160.76	206.96	1.97	277.80	3.49
3.7	57.28	100.82	286.61	2.06	438.56	3.57
2.8	49.61	79.37	508.84	2.21	549.68	3.67

7. táblázat



9. ábra. A modellezett és valós próbaterhelés diagramja

Megjegyzendő, hogy ahogy az eredeti próbaterhelési eredményeken is látszik, 300kN és 400kN-nál hirtelen nagy elmozdulások figyelhetők meg, melyek feltehetően a mérőeszköz hibája miatt fordulhattak elő. A határerő tehát 550kN, melyhez 3,67 mm elmozdulás társul, amit a cölöp tetején mérhetünk.

Összegzés és értékelés

A számítás menete hosszas odafigyelést, komoly munkát igényel, de kis gyakorlattal és az Excel program alkalmazásával könnyedebbé válhat.

A két görbe kis terhelések esetén szinte egymáson halad, majd 300kN és 400kN értékeknél mutat kis eltérést. A modell a teherbírás értékét nagyon jól közelítette. A teherbírás határánál kialakuló elmozdulásokat számítani nem tudjuk, ezért szükséges a határnál berajzolt függőleges vonal.

Végeredményben az eredmények elfogadhatóak, főleg mert az ilyen mérések esetén a nagy erők következtében bekövetkező elmozdulás és a talajtörés létrejötte is befolyásolja a görbe alakulását.

A munka folytatásaként további cölöpök, illetve cölöp-próbaterhelések modellezését fogom elvégezni, hogy további adatokat és tapasztalatokat nyerhessek.

Irodalomjegyzék

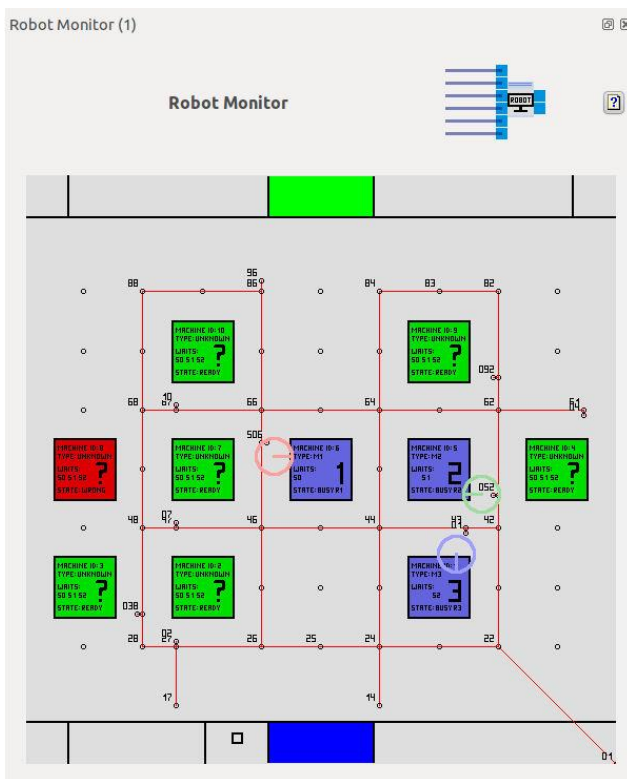
Előre gyártott vert vasbeton cölöpök próbaterhelési eredményeinek gyűjteménye. Földmérő és talajvizsgáló vállalat, 24. kötet, Budapest, 1977

Mecsi József: *A talajok összetett feszültségi állapota a talaj és szerkezet kölcsönhatásának vizsgálatában.* Budapest, 2004.

*Malkó Tibor**

Virtuális valóság alapú szimulációs környezet fejlesztése autonóm intelligens robotokhoz

Konzulens: Megyeri Péter, egyetemi adjunktus



* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Műszaki Tudományi Szekciójában II. díjjal jutalmazták.

Bevezetés és célkitűzések

A mai fejlődő világban egyre nagyobb szerepet kapnak az ipari robotok. Az elsőt az 1960-as évek elején állították munkába, ekkor még önálló egységként, egy feladat elvégzésére volt képes. A technika fejlődésével egyre bonyolultabb felépítésű, nagyobb tudású és pontosabb robotok álltak munkába. Ezek már komplex feladatok elvégzésére is alkalmasak voltak. Közös jellemzőjük a nagy tömeg, a magas ár mellett a helyhez vagy pályához kötöttség volt. Ezek a gépek akár egymás után is képesek voltak egy folyamaton belül több részfeladatot elvégezni. Napjainkban már ott tart a robottechnika, hogy a helyváltoztatásra képes robotok egyre több helyen szerepet kapnak. Ilyenek például:

- intelligens raktár,
- katasztrófa felderítés,
- veszélyes, szennyezett környezet.

Célom egy olyan sokoldalúan használható környezet kifejlesztése volt, ahol az ilyen jellegű feladatokat lehet szimulálni. Számos szempontot figyelembe kellett venni a tervezés során, továbbá az alábbi elvárásoknak kellett megfelelni:

- mindenki számára elérhető, ingyenes rendszer,
- könnyű kezelhetőség, széleskörű alkalmazhatóság,
- felhasználhatóság az oktatásban,
- ideális és reális robot emulálás.

A választás egy ingyenesen használható mobilrobot programozó rendszerre esett. A FESTO Robotino View program, Robotino-k programozásához használható. Ilyen robotokkal számos középiskolában és egyetemen is találkozhatunk, mivel ez egy oktatási és kutatási célokra kifejlesztett mobil robot.

Általános áttekintés

Robotino felépítése, általános hardverismertető



1. ábra. Robotino

Mi a Robotino és mi-
ből áll? A 3 szabadsági fo-
kú robot két fő részre
bontható: az alsó felében
találhatóak a mechanikus
alkatrészek, a távolságérzé-

kelő szenzorok és a tápellátást biztosító akkumulátorok. A felső részben található a control board, valamint egy ipari pc, a kezelőszervek egy lcd kijelzővel és egy vezetékek nélküli router. Valójában ez egy omnidirekcionális hajtással felszerelt robot, mely ennek a rendszernek köszönhetően szabadon tud mozogni a tér 2 dimenziójában, tehát két szabadsági fok a pozíciót és a harmadik az orientációt mutatja meg.¹

A mozgatót megnehezíti kicsit, hogy két külön koordináta rendszerrel kell dolgozni. A bázis rendszer, ami a pályához van rögzítve és a robot koordináta rendszerre, amiben a mozgásokat adhatjuk meg. A robot mozgása a robothoz rögzített koordináta rendszerben van megadva, tehát ha a bázis koordináta rendszerben szeretne elmozdulni, akkor az elmozdulás vektort el kell forgatni a robot orientációjával, hogy az a megfelelő irányba mozduljon.² A kommunikációhoz és külső egységek csatlakoztatására rendelkezésre állnak:

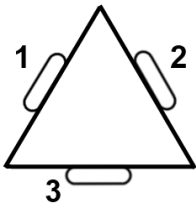
- USB, Ethernet, Analóg be-, Digitális be- és kimenetek,

¹ Donner Csaba: *A robottechnika alapjai*. Magánkiadás, 2009.

² Lantos Béla: *Robotok irányítása*. Akadémia kiadó Budapest, 1997.

- Aktuátor kimenet encoder bemenettel.

Robotino hajtása, motor objektum



2. ábra

Hajtás elrendezés

A hajtás 3 azonos felépítésű Mecanum (svéd) kerekekkel szerelt motoregységből áll. A motorok egy bordás szíjas hajtással meghajtanak egy bolygóműves áttételt, és az így megnövelt

nyomaték hajtja meg a Mecanum kerekeket. Ezek a kerekek két síkba rendezett speciális görgőkből állnak, melyek csak a forgástengelyre merőlegesen képesek a talajra nyomatékot átvinni, más irányokban szabadon gördülnek. A motorok tengelyén helyet kapott még egy (2000 imp./ford.) encoder tárcsa is, mellyel a motor fordulatszámát és a tengely pozícióját mérhetjük. Ezek a motoregységek 120 fokos szöget zárnak be egymással, ezáltal elérhető, hogy bármely irányba elmozdulhasson, elfordulhasson, vagy akár mozgás közben foroghasson is a robot.

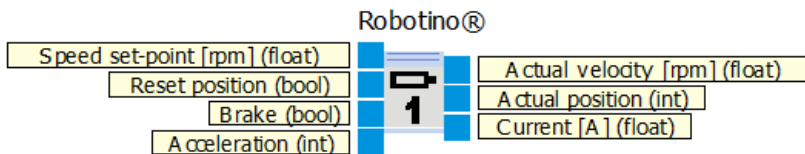


3. ábra
Mecanum kerék

A motorokat külön-külön is vezérelhetjük, megadhatunk nekik egy fordulatszámot, mely a control boardon megvalósított PID szabályzót vezéri. Ez a vezérlési mód meglehetősen idegen és átláthatatlan, ezért helyette egy omnidrive blokk használható. Ezen keresztül a robotoz rögzített Descartes koordináta rendszerben lehet megadni a mozgást és a forgást, melyeket az egy 3 változós függvény segítségével motorfordulatszámokká transzformál.³

Amint a 4. ábrán látható, a motorobjektumoknak 3 kimenete van. Ezek segítségével lehet lekérdezni a motor áramfelvételét, a tengely aktuális pozícióját és a motor tényleges sebességét. A bemeneteit tekintve megadható a sebesség, ezen kívül lenullázhatóak a pozíciószámlálók, aktiválhatóak a fékek, valamint beállítható egy gyorsulás is.

³ Rojas, Raul: *Omnidirectional Control*. www.fu-fighters.de



4. ábra. Robotino motor objektum

Robotino Sim ismertetése és hiányosságai

A Robotino szoftvercsomag része egy Robotino Sim nevű szimulációs program, mellyel Robotino nélkül is dolgozhatunk. Ez egy teljesen különálló rendszer, mely hálózaton keresztül kommunikál a Robotino View-al. A szimulátorban egy 3 dimenziós virtuális térben lehet a robottal mozogni, azonban apróbb hiányosságai, hátrányai azért vannak:

- nagy erőforrásigény,
- motor encodereket nem kezeli,
- részletes grafika,
- ingyenes verzióban a pálya nem módosítható,
- csak egy robotot támogat.

Miért problémák ezek? A Robotino hardvere igen szűk keresztmetszet, a benne elhelyezett pc104 procesz-

szora mindössze 500MHz-es, ami nem elegendő a Robotino Sim futtatásához.

A kettős koordináta rendszer és a különböző orientációkban elvégzendő azonos feladatoknál folyamatosan koordináta transzformációkat kellene számolni, mely szintén erőforrás igényes. Ez sokkal hatékonyabban, kevesebb erőforrást felhasználva, megoldható egy másodlagos odometria alkalmazásával, mely pontosságához elengedhetetlen a motor encoder használata.

A részletes grafikával elveszik az a lehetőség, hogy minden folyamatot egyszerűen nyomon lehessen követni, és új pályák szerkesztését sem támogatja a szoftver ingyenes verziója.

Autonóm intelligens rendszerek tesztelésénél, szimulálásánál szükség lehet egynél több robotra is.

A tervezendő környezet nem rendelkezhet ezekkel a hiányosságokkal.

Virtuális valóság alapú szimulációs környezet

Az eddig bemutatott tulajdonságokat összegezve látható, hogy a környezetnek az alábbi kritériumoknak kell megfelelnie:

- kis erőforrásigény,
- Robotino Viewban futtatható,
- motor encoderek kezelése,
- átlátható, egyszerű grafika,
- egyszerű pályaszerkesztés,
- több robot kezelése.

Ezeket figyelembe véve a szimulációs környezet két fő részre bontható. Egyrészt a Virtuális Robot Emulátor, melynek feladata a fizikai robot helyettesítése, valamint a Robot Monitor, ami a megjelenítésért és a robot szenzorainak kezeléséért felel. Ennek a felosztásnak köszönhetően, ha más típusú (jellegű) robotokat szeretnénk szimulálni, akkor az a Virtuális Robot Emulátor módosításával egyszerűen megtehető.

Virtuális Robot Emulátor - VRE

Tervezés - matematikai modell

Első lépésként kapcsolatot kell teremteni a motorok forgása és a robot elmozdulása között. Az elmozdulás sebessége és a motorok fordulatszám konverzióját az omnidrive blokk végzi. Az általa szolgáltatott értékeket

kell a VRE-nek sebességekké konvertálni és azokból az aktuális pozíciót és orientációt meghatározni. Ezt a leképezést legegyszerűbben projekciós mátrix segítségével lehet megadni, amint az az alábbi kódrészletben is látszik.⁴

```
void Encoder::projectVelocity( float* m1,
float* m2, float* m3, float vx, float vy,
float omega, const DriveLayout& layout ) {
    static const double PI =
3.14159265358979323846;
    //Projection matrix
    static const double v0[2] = { -0.5 * sqrt(
3.0 ), 0.5 };
    static const double v1[2] = { 0.0
, -1.0 };
    static const double v2[2] = { 0.5 * sqrt(
3.0 ), 0.5 };
    //Scale omega with the radius of the robot
    double vOmegaScaled = 2.0 * PI * layout.rb *
(double)omega / 360.0 ;
    //Convert from mm/s to RPM
    const double k = 60.0 * layout.gear / ( 2.0
* PI * layout.rw );
    //Compute the desired velocity
    *m1 = static_cast<float>( ( v0[0] *
```

⁴ Chuntao Leng–Qixin Cao :*Velocity Analysis of Omnidirectional Mobile Robot and System Implementation*. Conference publication. Res. Inst. of Robotics, Shanghai Jiao Tong Univ, 2006.

```
(double)vx + v0[1] * (double)vy      +  
vOmegaScaled ) * k );  
    *m2 = static_cast<float>( ( v1[0] *  
(double)vx + v1[1] * (double)vy      +  
vOmegaScaled ) * k );  
    *m3 = static_cast<float>( ( v2[0] *  
(double)vx + v2[1] * (double)vy      +  
vOmegaScaled ) * k ); }
```

Ezt a kódot leegyszerűsítve és a konstansokat behe-
lyettesítve az alábbi összefüggéseket kapjuk Robotinora
specifikálva:⁵

$$k = \frac{60 \cdot 16}{2 \cdot \pi \cdot 40} \quad (1)$$

$$M1 = \left(-0,5 \cdot \sqrt{3} \cdot vx + 0,5 \cdot vy + \frac{2 \cdot \pi \cdot 125 \cdot vw}{360} \right) \cdot k \quad (2)$$

$$M2 = \left(-vy + \frac{2 \cdot \pi \cdot 125 \cdot vw}{360} \right) \cdot k \quad (3)$$

$$M3 = \left(0,5 \cdot \sqrt{3} \cdot vx + 0,5 \cdot vy + \frac{2 \cdot \pi \cdot 125 \cdot vw}{360} \right) \cdot k \quad (4)$$

⁵http://doc.openrobotino.org/documentation/OpenRobotinoAPI/1/doc/rec_robotino_com_c/_omni_drive_8h.html

Ebből az egyenletrendszerből kell kifejezni a számunkra fontos v_x , v_y , v_w sebességeket:

$$v_x = \frac{M3 - M1}{\sqrt{3} \cdot k} \quad (5)$$

$$v_y = \frac{M3 - 2 \cdot M2 + M1}{3 \cdot k} \quad (6)$$

$$v_w = \frac{v_y + M2 / k}{\pi / 1,44}, \text{ ahol} \quad (7)$$

v_x, v_y - x,y irányú sebesség (mm/sec)

v_w - phi forgási sebesség (fok/sec)

$M1, M2, M3$ -1,2,3-as motorok fordulatszáma (RPM).

Az elmozdulások számításához a sebességen kívül a ciklusidőre is szükség van, (ez egy egyszerű rendszeridő lekérdezéssel megoldható) ezek szorzata adja az elmozdulást. Elsőként a robot orientációját kell meghatározni. Az utolsó orientációhoz hozzá kell adni a $(v_w \cdot cycle_{time})$ szorzatot:

$$pos_{phi} += (v_w \cdot cycle_{time}), \quad (8)$$

majd ezt a $[-\pi; \pi]$ tartományra kell vetíteni. Az x, y elmozdulásokat $(v_x \cdot cycle_{time})$ és $(v_y \cdot cycle_{time})$ a megfelelő orientációval kell a pozícióhoz hozzáadni. A robot mozgásának vizsgálata közben kiderült, hogy ha ezt az

integrálást az előző, vagy az aktuális orientációval végezzük akkor egy folyamatosan növekvő hiba keletkezik a rendszerben, ezért az:

$$ori = \left(pos_{phi} - \frac{vw \cdot cycle_{time}}{2} \right) \quad (9)$$

orientációval kell figyelembe venni.

Ekkor az aktuális pozíciót a :

$$pos_x += (\cos(ori) \cdot vx - \sin(ori) \cdot vy) \cdot cycle_{time} \quad (10)$$

$$pos_y += (\sin(ori) \cdot vx + \cos(ori) \cdot vy) \cdot cycle_{time} \quad (11)$$

összefüggésekből kapjuk.

A Virtuális Robot Emulátor tulajdonságai

A VRE tervezésekor fő szempont volt, hogy a Robotino View egy olyan blokkal egészüljön ki, amit az teljes értékű robotnak lát. Rendelkeznie kell minden robotspecifikus tulajdonsággal. Magában kell foglalnia a motor objektumokat és az odometriát is. Rendelkeznie kell tehát:

- M1, M2, M3, odo_X, odo_Y, odo_Phi, odo_Reset bemenetekkel,
- pos_X, pos_Y, pos_Phi, M1_E, M2_E, M3_E kimenetekkel.

Implementálás - Virtuális Robot Blokk

A matematikai modellezést követően, a Robotino View több lehetőséget is kínál virtuális robotok létrehozására: felépíthetők az alap blokkokból, megírhatóak Lua Script nyelven, melyet a program kezel, illetve létrehozható egy önálló blokk is C nyelven. Ahhoz, hogy a virtuális robotunk széleskörűen alkalmazható legyen, az utóbbi megoldást kell választanunk.⁶

Bemenetként a motorok fordulatszámát, az új pozíciókat, illetve az odometria resetet kell kezelnie. Kimenetként szolgáltatnia kell a pozíciót, orientációt és a motor encoderek jelét. Egy alkalmazási példa az 5. ábrán látható.⁷

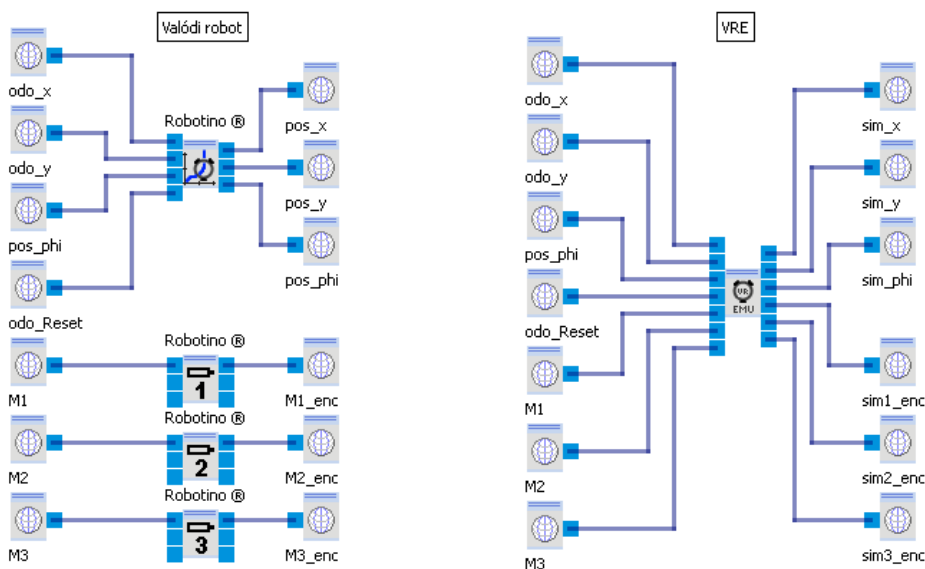
Mint az 5. ábrán látszik, az emulátor be- és kimenetei úgy lettek kialakítva, hogy az, a helyettesített blokkokéval megegyezzen, ezzel is könnyítve a használatát.

⁶ <http://www.lua.org>

⁷ [7]Raul Rojas and Alexander Gloye Forster: *HolonomicControl of a robot with an omnidirectional drive*. Künstliche Intelligenz, BöttcherIT Verlag, 2006.; Slang Tamás: *Robotino View függvényblokkok programozása*. Szakdolgozat MIB II.-177/2007/2011

A VRE működése ideális robot szimulálás mellett a motorok fordulatszám jeléből állítja elő az encoder értékeket úgy, hogy a ciklusidővel megszorozza a fordulatszámokat, majd a kapott értékeket integrálja. Ezek a szorzatok az elmozdulás meghatározásához is kellenek, és ebből a matematikai modellenél bemutatott módon számol tovább. Ilyen üzemmódban az összeállított Robotino View projektben valós időnél gyorsabban is lehet emulálni, mely felhasználható például a kommunikációk vagy a logikai folyamatok tesztelésére is.

Miért is van szükség a VRE Valós üzemmódú használatára? Ha egy valós és egy ideális VRE összehasonlításra kerül, szembetűnőek lesznek a különbségek a mozgásban és a pozíciókban. Itt 2,13%-os átlagos eltérés tapasztalható. Mi a különbségek oka? A legfőbb ok a robot inerciájából adódik, mivel rá nem a virtuális tér, hanem a valós környezet fizikai törvényei érvényesek.



5. ábra. Azonos funkciójú, Valódi robot és VRE

Egy módosítást elvégezve azt tapasztaltam, hogy a hibaszázalék jelentősen lecsökkent: 1,3% alá. Itt nem tettem más csak kis mértékben módosítottam a kódot, bevezetve a fizika korlátait. A motoroknak nem engedtem meg dinamikus fordulatszám változást, csak olyan mértékben változhattak, amit a robot még követni tudott. Ahhoz hogy a szimulátor ezeket a fizikai korlátokat kezelni tudja, be kellett vezetni a robot momentumát, impulzus momentumát, és a mecanum kerekek tapadási és gördülési súrlódását. A súrlódási együttható-

kat kísérleti úton lehetett meghatározni, márvány és műanyag padlóra, valamint a Festo Robotino pálya RESOPAL anyagára. Ezeket az értékeket még a mecanum kerék görgőinek állapota (tisztasága és elhasználódottsága) is befolyásolja kis mértékben, de ettől jelentéktelensége miatt eltekintettem.

A VRE Valós üzemmódban a beérkező (M1, M2, M3) fordulatszám értékeket transzformálja a fenti fizikai mennyiségek figyelembevételével, majd a sebességeket újraszámolja és eltárolja a következő futásáig. Az újabb tesztek lefuttatása után a hibát sikerült 1% körülire csökkenteni, amely már elfogadható érték.

Amennyiben valódi robottal kerül elvégzésre ugyanaz a futási teszt, a 3 lehetséges futtatási módban a kapott eredmények 2,8%-os eltérést mutatnak. Ezek a módok lehetnek:

- roboton futtatva,
- számítógépen futtatva vezetékes kapcsolattal,
- számítógépen futtatva vezeték nélküli kapcsolattal.

Természetesen a hibaszázalék meghatározása során, a robotokon a korrekciókat be kellett állítani, hogy a saját odometriájuk pontos legyen. A VRE realizálása

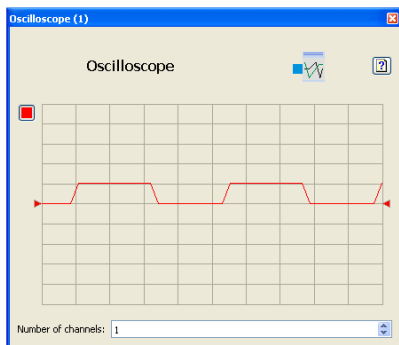
során nem vettem még figyelembe a mecanum kerekek ezen verziójának azon hátrányos sajátosságát, mely szerint a hajtó görgők távolsága nem állandó a robot középpontjától.

Amint az az 1. és a 3. ábrán is látszik, ezek a görgők két síkban helyezkednek el. Amennyiben a mecanum kerekek azonos helyzetben állnak a 3 tengelyen és állandó fordulatszámmal forognak, a robot szögsebessége a 6. ábrán látható módon alakul. A kerekek ezen tulajdonságát figyelembe véve a különbség a valódi és a VRE között 0,6%-ra csökkenthető.

Azonban ennek elengedhetetlen feltétele az, hogy a kerekeket minden tesztelés előtt kézzel a megfelelő po-

zícióba forgassuk. Ezt a műveletet azért manuálisan kell elvégezni, mert a motorok tengelyére felszerelt encodereknek nincs alaphelyzet érzékelőjük.

Amennyiben a robot kerekei nem azonos po-



6. ábra. Szögsebesség változás

zicióban állnak, a 6. ábránál sokkal kaotikusabbnak tűnő szögsebesség görbe alakul ki. Ezt figyelembe véve a VRE erőforrásigénye jelentősen megnőne a csekély hibaszázalék csökkenés mellett. Mivel ez enélkül is belül van a robotok különböző futtatási lehetőségek pontatlanságain, ezért ezt nem célszerű megvalósítani.

Az elvégzett kísérletek

A VRE jelenlegi verziója a robot fizikai paramétereit egy külső fájlból (VRE.cfg) olvassa be.

```
:Virtual Robot Emulator Configuration:
<VRE_CFG>
<ROBOT> Robotino; //Rootino/Custom </ROBOT>
<MODE> Real; //Real/Ideal </MODE>
<TIME_MULTIPLIER> Real; //Real/0,1 .. 10
</TIME_MULTIPLIER>
<FLOOR> Resopal; //Resopal/Stone/Plastic
</FLOOR>
<WEIGHT> 0; //kg </WEIGHT>
<DIAMETER> 0; //mm </DIAMETER>
<GEAR_RATIO> 0; //const
<GEAR_RATIO>
<WHEEL> 0; //mm </WHEEL>
<MOTOR_ACC> 0; //rpm/sec
</MOTOR_ACC>
</VRE_CFG>
```

Amint az a mellékletben látszik, a számos fizikai paraméter mellett az üzemmód választás is itt kapott helyet.

Robot választásnál kiválasztható, hogy Robotinot szeretnénk használni vagy más, Custom robotot. A Robotino paraméterei már integrálva vannak a VRE-be, így ezeket nem szükséges megadni. Ahol az emulátor 0 értéket talál, ott a beépített értékkel dolgozik. Amennyiben valamilyen hardveres változás történt, lehetőségünk van a korrekcióra. Például a zselés ólomakkumulátorok Lítium-Polimerre történő cseréje 3 kilogrammal is csökkentheti a robot tömegét, mely jelentősen befolyásolja a mozgását.

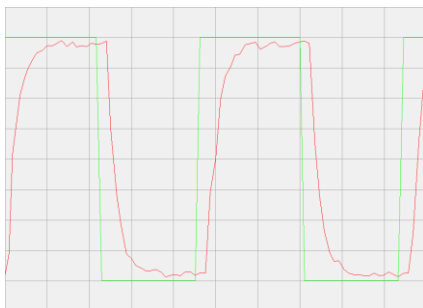
Mód választásnál megadható, hogy valós vagy ideális módban szeretnénk-e futtatni, valamint egy idő szorzó is, mely segítségével lehet valós időnél gyorsabb, vagy adott esetben lassabb teszteket futtatni. A padló anyaga is itt definiálható. Ezekre a beállításokra a gyári szimulátornál nincsen lehetőség.

Fizikai paraméterek:

Vannak köztük olyanok, amiket egy egyszerű mérés-sel meg lehet határozni: tömeg, átmérő és áttétel. A motorok gyorsulását már nehezebben lehet mérni.

Első kísérleti összeállításnál a motorokat vizsgáltam. A méréseket különböző padlóanyagokkal végeztem, szerepelt köztük műkő, műanyagpadló és Resopal is. Mivel X, Y és Phi irányú elmozdulásokhoz különböző motor használat tartozik, ezért külön vizsgáltam azokat. Forgásnál mindhárom motor azonos irányban, azonos sebességgel forog, előrehaladásnál csak a két első motor, míg oldalazásnál szintén három motor hajt, de különböző fordulatszámmal. A kísérletek célja az volt, hogy meg tudjam határozni a gyorsulások értékét. Első lépésben egy meredek felfutású sebesség görbét adtam a robotnak, és figyeltem a tényleges sebességét. Amikor ezt a sebességet elérte, szintén nagy meredekséggel, el-lentétes irányú mozgásra utasítottam. A kísérlet eredményét egy oszcilloszkópon jelenítettem meg, mely a 7. ábrán látható.⁸

⁸ Simon Béla: *Fizika középfokon*. Shannon Iroda, 2003.



7. ábra. Forgás oszcillogram

A zöld színű görbe a nagy meredekségű vezérlőjel, a piros a robot tényleges sebessége. Az ábrán középben található a 0 sebesség. Látszik, hogy ettől távolodva

pozitív és negatív irányban is, a meredekség kisebb, mint közeledve felé. A tényleges sebesség görbén megfigyelhető a PID szabályzó működése is. Ezeket a kísérleteket elvégezve (a már említett irányokban: X, Y, Phi) és az eredményeket összegezve, átlagolva sikerült meghatározni a Robotinora jellemző paramétereket.

A megkapott eredmények pontosságának ellenőrzésére további kísérleteket kellett végezni, itt a Robotino navigációs és helymeghatározó rendszerétől független, külső szenzorokkal ellenőriztem a sebességeket. Forgási sebesség ellenőrzésére egy CruizCore XG1000 típusú giroszkópot alkalmaztam, melyet a Robotino is képes kezelni, és az általa mért adatokat oszcillogramon megjeleníteni. Az X, Y irányú sebességek ellenőrzésére egy

Balluff Gyártmányú BOD 21M-LA04-S92 lézeres távolságmérő szenzort használtam, melyet a robot analóg bemeneteire illesztettem, ezáltal ezeket az adatokat is meg lehetett jeleníteni. A mérések menete azonos volt a már előbb ismertetettel, annyi különbséggel, hogy itt a tényleges sebesség értékeket a külső szenzorok szolgáltatják.

Ezen kísérletek alapján az előbb meghatározott paramétereket kis mértékben módosítani kellett.

Vizualizációs környezet

Vizuális környezet kiválasztása

A vizualizációs környezetet, a Robot monitort egy komplex példán keresztül mutatom be. Ez a példa egy, a Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Karának Pollino csapatához - melynek jómagam is tagja vagyok - közelálló projekt szimulálására alkalmas, amely a RoboCup Festo Logistic League feladata. Itt egy gyártócsarnokban kell 3 robot segítségével, autonóm kooperációban alapanyagokból készterméket előállítani. A termelésre 10 megmunkáló (1,2,3-as típusú), 2 újrahasznosító és egy tesztelő állomást lehet fel-

használni. A termelés során Empty, S0, S1, S2, P termékek fordulhatnak elő. A kezdetben ismeretlen típusú állomásokat fel kell deríteni, majd megfelelő sorrendben korongokkal (munkadarabokkal/alkatrészekkel) feltölteni. Az elkészült terméket az aktív kapuba juttatva fejezhető be a termelési folyamat. *A gyártás menete:*

<u>Alapanyag:</u>	<u>Állomás:</u>	<u>Termék:</u>
S0	1-es állomás	→ S1
S0 + S1	2-es állomás	→ Empty + S2
S0 + S1 + S2	3-as állomás	→ Empty + Empty + P
Empty	újrahasznosító	→ S0

A megmunkáló állomások állapotát egy az automatizálásban elterjedt (piros, sárga, zöld) lámpaoszlop jelzi, melyet egy általunk kifejlesztett speciális szenzor érzékel. A szimulátornak ezeket a lámpaoszlopokat is működtetnie kell.

Amit a Robot Monitornak összességében kezelnie kell:

- pálya alaprajza és állapotjelző lámpák,
- megmunkáló állomások helye és státusza,
- navigációs csomópontok és közlekedési élek,
- 3 robot és aktivitásuk megjelenítése.

Vizualizáció alapjai

A vizualizáció megtervezésekor számos paramétert figyelembe kellett venni:

- egyszerű folyamatkövetés, jó átláthatóság,
- gyors szerkeszthetőség, letisztult formák,
- minimális hardverigény, szemléletesség.

Ezen szempontokat figyelembe véve alakítottam ki az alap vizualizációt. Mivel a megjelenítésnek a robotokon és számítógépeken is futniuk kell, ezért a multi layeres és vektor grafikus eszközöket kombinálva használtam. Lehetőséget adva ezzel az egyszerű szerkesztésre, mivel a pálya alaprajza, az akadályok, falak, felfestések külön bmp fájlokban vannak letárolva. A különböző szenzoroknak külön rétegeket hozhatunk létre, (induktív, infra távolságmérő és színérzékelő szenzorok), melyeket a programnak meg sem kell jelenítenie. Egy ilyen kép mérete 40 kbyte nagyságrendbe esik, ezért ezeket a rétegeket egy mátrixba kódoltam, (melyek mérete nem haladja meg az 1 kbyte-ot) és innen futás közben gyorsan, kis erőforrás szükséglettel lehet kiolvasni a szenzorok adatait. Ezeket az adatokat a Robot Monitor egy

kódolt csatornán továbbítja a dekódereknek, melyek azt kibontva elérhetővé teszik.

A megjelenített objektumok különbözőségeik miatt más-más frissítést igényelnek. A pálya alaprajzát elég csak egyszer kirakni, míg az állomásokat minden művelet után, a robotokat pedig másodpercenként többször is lehet frissíteni. Erőforrás menedzsmentet szem előtt tartva ezek a frissítések változtathatóak is. Ha számítógépen történik a vizualizáció futtatása, akkor a robotok minden ciklusban újrarajzolhatóak. A robotról futtatva már nem célszerű ezt a megoldást választani, mivel a ciklusidőt indokolatlanul megnöveli, ezért itt azt a megoldást választottam, hogy csak adott távolságú elmozdulások után frissítek, ezzel nem kevés időt nyerve a futó szabályzó köröknek.

Virtuális tér megalkotása

Virtuális térről az embernek rögtön egy 3 dimenziós tér juthat az eszébe, ahol minden tökéletesen meg van szerkesztve (hasonlóan, mint a Sim RoboCupTM-ben). Az ilyen megvalósításnak számos hátránya van, amellet

az előnye mellett, hogy az átlag felhasználót elvarázsolja a vizuális megjelenése:

- magas hardver és erőforrás igény,
- pályát folyamatosan mozgatni kell,
- nem látjuk át az egész folyamatot,
- kiegészítő információkat nem jelenít meg.

Korlátozva a virtuális teret 2 dimenzióra és fentről szemlélve a pályát az egész tér belátható. Egyszerűsítettem a robotok formáját, mivel a modellben megállapítottam, hogy 3 szabadsági fokú robotokról van szó, ezért tudni kell a koordinátáit és az orientációját. A leg-egyszerűbb ábrázolási megoldás egy robot átmérőjű kör, mellyel a pozíció adható meg. Az orientáció szemléltetésére egy sugár irányú vonallal jelöltem a robot elejét. Ezeket az ábrákat mind vektorgrafikus úton lehet felvinni, melyeknek az erőforrásigénye töredéke egy textúrázott robot megrajzolásának.

Kiegészítő információkat is meg kell jelenítenie a rendszernek:

- robotok állapota,
- korong információk,
- feldolgozó állomások adatai.

Az alap szempontokat figyelembe véve, több eszköz kombinációjával lehet elérni a legjobb eredményt. Vannak kiegészítő információk, melyeket egyszerű szín változással és vannak, amiket alfanumerikus formában jelenít meg. Egy robot vagy állomás állapotát a színével lehet szemléltetni:

Állomás:	szabad:	zöld
	lefoglalt:	kék
	üzemen kívüli:	piros
Robot:	aktív:	világos szín
	passzív:	sötét szín
Lámpa szenzor:	grafikus megjelenítés	
Útvonalak megjelenítése:	grafikus megjelenítés	
Csomópontok:	grafikus és numerikus megjelenítés	
Logisztikai információk:	alfanumerikus megjelenítés	

Tesztelés

Az elkészült VRE-t és szimulátort jelenleg a Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Karának Pollino csapatán kívül a Pécsi Tudomány-

egyetem Babits Mihály Gyakorló Gimnázium és Szak-
középiskolájában is tesztelik, használják.

Robotino programozás

Ahhoz hogy a VRE és környezet alkalmazását könny-
ebben tudjam szemléltetni, elengedhetetlen a
Robotino View programozásának rövid bemutatása

Általános Robotino programozás

A programokat felépítő alapegységek (téglák) a
blokkok,

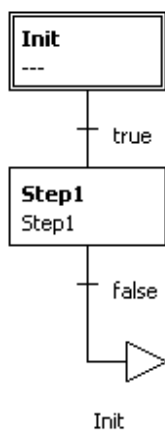
- változók, matematikai, logikai műveletek,
- időzítők, számlálók, bemeneti eszközök,
- generátorok, megjelenítők, robot specifikus blokkok.

A robot specifikus blokkoknál érdemes kicsit vizs-
gálódni. A Robotino View ezeken keresztül éri el a ro-
botot. Mit is jelent ez? Adatokat kér le tőle, feldolgozza
azokat, és utána visszaküldi. Maga a program nem csak
robotinos feladatok futtatására képes, önállóan robot
nélkül is használható. Ha van egy saját fejlesztésű robot,
ami képes hálózati vagy soros kommunikációra, akkor a

megfelelő interfészek megírása után akár Robotino View kompatibilissé is tehető.

A blokkokat összekötve hálózatokat (gráfokat) lehet létrehozni. Ezek alkotják az alprogramokat. Egy nagyobb projekt több alprogramból állhat, melyek a Main programban rendezhetőek struktúrába. Lehetőség van belépési és kilépési feltételek megadására, – itt a C-nyelv szabályai érvényesek – melyek lehetnek egyszerű vagy összetett formulák is. A struktúrán belül lehetnek alternatív és párhuzamos ágak, melyek általában a bonyolultabb, összetettebb feladatokhoz szükségesek.

A következő ábrák egyszerű Main és alprogramot mutatnak.



8. ábra.
Main program

Pollino specifikus Robotino programozás

Komplex feladatok elvégzése során számos olyan alprogram van, amelynek állandó jelleggel kell futnia. Mivel a Robotino View csak az aktív alprogramokat futtatja, ezért biztosítani kell ezek számára egy aktív szálat, mely a program futása során nem szakadhat meg. Ezt egy olyan – az egész programmal párhuzamos – szállal lehet elérni, mely a program indulásakor jön létre, és nincs kilépési feltétele. Itt helyezkedik el a kommunikáció, helymeghatározás (odometria), mozgásvezérlés (omnidrive), VRE és az RM. Amennyiben a virtuális valóság megkívánja a kiegészítő szenzorok használatát, (optikai távolságérzékelő, induktív szenzorok, analóg bemenetek), az ehhez szükséges blokkok is itt találhatóak. Ilyen Main program és alprogramok szemléltetésére készültek példák a TDK dolgozat mellékletében.

VRE használata és programba illesztése

A VRE új, vagy már meglévő projektbe is illeszthető. A futási módok három csoportba oszthatóak:

- roboton,
- helyi gépen,

- hálózati gépen.

Az emulátor együtt tud futni a valós robottal is (mellyel össze lehet hasonlítani), vagy egy kapcsoló (váltó) segítségével az emulált és a valós robot között lehet választani. Amennyiben így szeretnénk használni, akkor a bemenete-

ket és kimeneteket multi-

demultiplexereken

keresztül kell meg-

osztani a valós ro-

bot és a VRE kö-

zött. A 10. ábra

ilyen be és kimenet-

re mutat példát. A

célkitűzésben sze-

repelt, hogy egy robot nélküli szimuláció megalkotása a

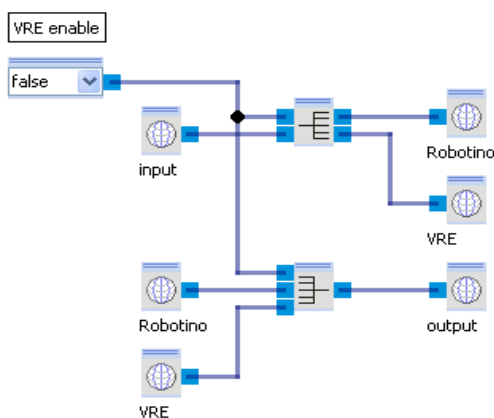
cél, a környezet futtatása teljesen azonos a roboton és a

helyi számítógépen, mivel azonos operációs rendszer fut

mindkettőn.

Helyi gépről futtatva a VRE-t a megfelelő ki- és

bemenetekkel kell összekötni. A futtatást csatlakozás és



10. ábra. Robotino / VRE be- és kimenetek bekötése

hálózat nélkül lehet elindítani. A vizualizációhoz egy kódátalakítóval kell illeszteni, így láthatóvá téve a mozgásokat.

Hálózati gépen futtatva lehetőség nyílik egy távoli megfigyelésre, nyomon követésre. Ez esetben az aktív robotok vagy a VRE-t futtató számítógépek egy hálózati UDP csatornán keresztül küldik el a vizualizáció számára szükséges adatokat. Ezeket az adatokat megkapva a hálózati gép képes megjeleníteni a kívánt robotokat.

A tesztelések nagy részét helyi gépen végeztem, mert ehhez csak egy számítógép és Robotino szükséges.

Eredmények

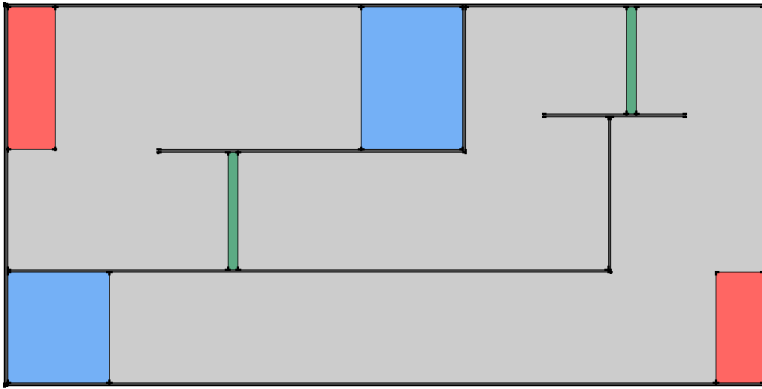
Alkalmazási lehetőségek

A kifejlesztett VRE és vizualizációs környezete főként oktatási célzattal készült. Hasznos kiegészítője lehet a robotika oktatásának, illetve nagy segítség azoknak a hallgatóknak, középiskolásoknak, akik érdeklődnek a robotok programozása ránt.

Továbbfejlesztés

A VRE jelenleg nem terjed ki a robot fedélzeti elektronikus szenzorainak kezelésére, értem itt a fedélzeti feszültség és a pillanatnyi áramfelvétel mérését. Az a cél, amellyel ez a keretrendszer készült, ezt nem is teszi indokolttá, de későbbiekben ezzel is bővíthető. A valóságos robotszimuláció már a fizikai erőhatásokat is figyelembe veszi, melyekből a motorok áramfelvétele számítható, majd azokból egy egyszerűbb integrálással az akkumulátor feszültség csökkenése is meghatározható.

A részletesen bemutatott RoboCupTM szimulátor mellett elkészült még 2 mintaalkalmazás. Az egyik (11. ábra) a 2010-es II. Robotino Olimpia minősítő feladatának tesztelését teszi lehetővé az infra távolságmérő szenzorokat használva. A sötét vékony vonalak ábrázolják a falakat, a kék mezők a start és a cél zóna, a piros a tiltott terület és zöld színt kaptak az időmérő kapuk.

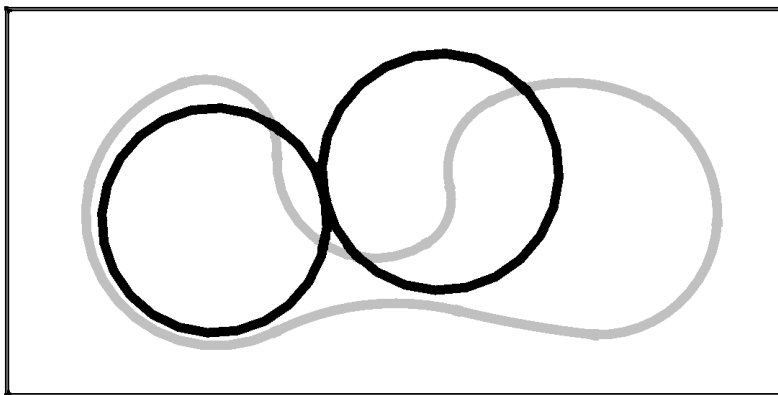


11. ábra. II. Robotino Olympia Minősítő feladata

A másik (12. ábra) egy vonalkövetési példa, ahol tesztelhetőek az optikai és induktív érzékelők. Jól látható a két elkülönülő szín, a fekete az optikai érzékelőknek, míg a szürke az induktív érzékelőknek kialakított pálya. Az ábrák a pálya megjelenési képét szemléltetik. A szenzorok jeleit egy meg nem jelenített kép adja, melyen külön vannak választva az optikai, induktív és az infra távolságmérő szenzorok. Ezeket az információkat futás alatt a fentebb már említett kódolt mátrix tartalmazza.

A környezethez elkészült keretrendszer számos alkalmazási lehetőséget rejt még magában:

- intelligens raktár,



12. ábra. Vonalkövetés induktív vagy optikai szenzorokkal

- különböző logisztikai feladatok,
- betegkísérő rendszer,
- komplex robottechnika oktatás.

Jelen állapotában a Robot monitor csak egy szimulációs környezetet tud futtatni, amit mappa másolással, áthelyezéssel lehet változtatni. A továbbfejlesztési tervekben szerepel egy olyan opció, hogy ezt egyszerűen a Robotino View-n belül tehesük meg.

Értékelés és következtetések

Az elkészült RM és VRE megbízhatóan és stabilan működött a tesztek alatt és a használat során is. A célkitűzés minden pontjának sikerült megfelelő környezetet

teremteni, ezzel létrehozva egy olyan rendszert, amely nem csak országos szinten egyedülálló. Segítségével számos feladat és probléma bemutatható az oktatásban. Használata nagy segítséget jelent a RoboCup Logistic League versenyére készüléskor, értékes időt megtakarítva a fejlesztő csapat számára.

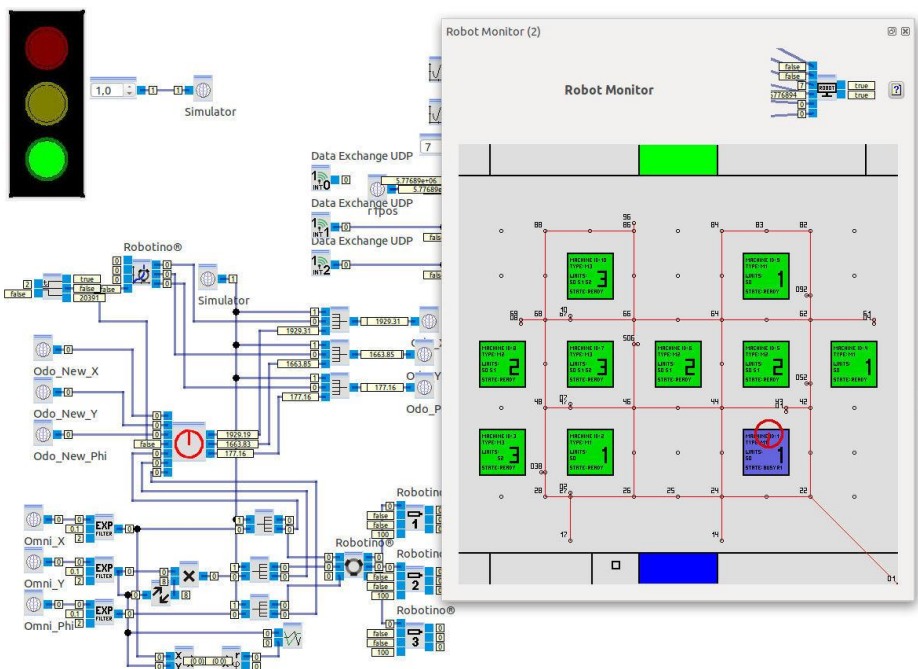
A környezet kipróbálásához és használatához szükséges fájlok letölthetőek a <http://pollino.hu> weboldaltól. A telepítési, használati és pályaszerkesztési leírások ugyanitt kérhetőek, de a forráskódokat saját szellemi termék révén nem osztom meg. A felhasználók az általuk készített pályákat megoszthatják a többi felhasználóval a pollino.hu oldalon keresztül, és az arra érdemek a soron következő verzióba is beépülnek majd.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik munkámat segítették és idejüket nem sajnálva, támogatták a fejlesztést. Külön kiemelem Megyeri Pétert, amiért a tervezésben és a TDK dolgozat elkészítésében is mellettem állt. Ötleteivel, meglátásaival iránymutatást adott, valamint Slang Tamást, akinek a diplo-

mamunkája nélkül nem jöhetett volna létre ez a dolgozat.

Melléklet



13. ábra. VRE és RM használata 1 robottal, gyártás közben

Irodalomjegyzék

- Donner Csaba, dr.: *A robottechnika alapjai*. Magánkiadás, 2009..
http://doc.openrobotino.org/documentation/OpenRobotinoAPI/1/doc/rec_robotino_com_c/_omni_drive_8h.html
<http://www.lua.org>
- Lantos Béla: *Robotok irányítása*. Akadémia kiadó Budapest, 1997.
- Leng, Chuntao–Cao, Qixin: *Velocity Analysis of Omnidirectional Mobile Robot and System Implementation*. Conference publication. Res. Inst. of Robotics, Shanghai Jiao Tong Univ, 2006.
- Rojas, Raul: *Omnidirectional Control*. www.fu-fighters.de
- Rojas, Rauland – Gloye, Alexander Forster: *Holonomic Control of a robot with an omnidirectional drive*. Künstliche Intelligenz, BöttcherIT Verlag, 2006.
- Simon Béla: *Fizika középfokon*. Shannon iroda, 2003.
- Slang Tamás: *Robotino View függvényblokkok programozása*. Szakdolgozat. MIB II.-177/2007/2011

Matyó Edina*

Kas. Méh - lakás - építés

Konzulens: dr. Rétfalvi Donát egyetemi docens

Előszó

Az ember és környezet kapcsolata az elmúlt évtizedekben hatalmas átalakuláson ment át. A vidéki emberek gyakran több órát utazva érik el azt a nagyobb településközpontot, ahol munkát találnak. Idejük nagy részét a munkába igyekvés, a munkavégzés és hazamenetel tölti ki. Amíg régen minden helyben volt, addig a mai ember szétaprózódik az egyik helyről egy másik helyre igyekezet közben. Dolgozatomban egy olyan életmodell keresésére vállalkozom, ami visszahozza a modern időhiánnyal küzdő ember számára azt az egyensúlyt, ami régen természetes volt. Ahol nem csak dolgozhatunk, hanem élhetünk is. Kicsit „vissza a természethez” szlogenel újra megtalálja azt a kapcsolatot és egyensúlyt, ami a mai világból teljesen kezd kiveszni. A kapcsolatot

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Művészeti és Művészettudományi Szekciójában II. díjjal jutalmazták.

magunkkal, a környezetünkkel és a körülöttünk levő dolgokkal.

Vizsgálatom tárgya olyan családi méhészet létesítése, amely szakszerű kezelés mellett eltart egy családot, sőt mi több: egy olyan modellt kíván szolgáltatni, ami a vidéki létet új életre keltheti, kis szériás, minőségi termékek előállításával. Egyre több ember kezdi ismételten felfedezni az autentikus termékek fontosságát. Sokak ismerik fel, hogy a termelői termékek mennyivel több üzenetet hordoznak számunkra, mint a hypermarketbeli import. Ez a terv egyfajta kísérlet az újjáéledő családi gazdaságok modelljére. A dolgozat összefoglalja azokat a főbb szabályrendszereket, melyeket egy családi méhészet telepítésénél figyelembe kell venni.

Méh

"A Mátra hegység palóc lakói úgy hiszik, hogy a méhet az Isten teremttette, s amikor azt az ördög meglátta, csúfolódni kezdett az Istennel, s elhatározta, hogy különb állatot fog teremteni, de csak legyet tudott."¹

¹ *Méhészeti hiedelmek.*

http://otteveny.network.hu/blog/otteveny_klub_hirei/december-7-ambrus-napja

Zsákmányolás

Az ember nemcsak a növényvilág termékeit gyűjti, hanem az állatoktól is gyűjt, zsákmányol. Az ilyen zsákmányolásnak számtalan emlékét ismerjük Kelet-Európából és Észak-Ázsiából. Lényegében hasonló tevékenység a méhészkedés is, amikor az ember a méhektől szerzi a mézet. A magyarságnál a méz megszerzésének legegyszerűbb, de kétségtől ős módja az odvas fában meghúzódó méhraj mézésének *elrablása*. Kelet-Európa méhészetének eddigi vizsgálatából az derül ki, hogy a méz és a viasz felhasználása a finnugor népeknél már a legrégibb kultúrperiódusukban ismeretes volt.²

Méhek gondozása

A méhek gondozása a tavaszi kieresztéssel kezdődik. A kibocsátás után a hagyományosan dolgozó méhészek nem sokat törődnek a méheikkel. Legfeljebb arra vigyáznak, hogy az új raj ne szálljon a méhestől messzire. Ősszel a méheket füsttel elpusztítják (levágás, méhvágás), hogy a mézet a kasból, a köpüből elvehessék. A

² Paládi-Kovács Attila (főszerk.): *Magyar néprajz. II. k.* Akadémiai Kiadó, Budapest 1988-2002.
<http://mek.niif.hu/02100/02152/html/02/42.html>

méhcsaládokkal az akácosokba, hárserdőkbe való vándorlás a méhészegyesületek és tanfolyamok ösztönzésére csak a 20. század elejétől terjedt el.³

Kasos méhészet a paraszti gazdaságban

Önálló méhészeti üzemet paraszti közösségekben még a kaptárral méhészkedők sem hoznak létre. Ez ép-púgy, mint a hagyományos tartási mód, üzemszervezeti egységet alkot a földművelő-állattartó paraszti kis-üzemmel.

A parasztgazdaságok viszonylagosan állandó termelési szerkezetébe a méhészet látszólag nehezen illeszthető be, miután a vele kapcsolatos munkafolyamatok a mezőgazdasági munkacsúcsok idejére esnek. Kívülről nézve akadályát jelenthette a méhészet paraszti gazdálkodásba való beépülésének, hogy a kasos méhészettel kapcsolatos tudás mindig konkrét személyek egyedi tudása. Így ez nem épül be a közösségi tudás általános rendszerébe. Ebben az esetben valóban olyan speciális tudásról van szó, amely nem minden elemében, különösen nem a maga teljességében része a paraszti tudásnak.

³ Uo.

Az a tény, hogy ezen gazdálkodási ág űzéséhez szükséges eszközök minden paraszti háztartásban megtalálhatók, nagymértékben hozzájárult a kasos tartás paraszti gazdálkodás rendszerébe történő integrálódásához.

Kasos méhészet típusai

A kasos tartás a 19. század második felétől a paraszti gazdálkodás perifériájára szorult, csak mint jelentéktelen mellékfoglalkozás játszott abban szerepet. A termelés pusztán a háztartás szükségleteinek kielégítésére irányult, azt jelentős mértékben nem haladta meg. A méhészet hagyományos formáinak gyakorlása során jelentősebb állománnyal csak olyan emberek méhészkedhettek, akik a rajzás idején tartósan mentesíteni tudták magukat a mezőgazdasági munkák végzésétől. Nyilvánvalóan ezzel függ össze, hogy leginkább az idősebbek foglalkoztak méhészettel.

Jellemzően árutermelő kasos méhészetet csak olyan területeken találunk, ahol azt az ökológiai adottságok lehetővé tették. A kiváló méhlegelőt elsősorban az ártéri erdők, vízjárta rétek és lápok biztosították. A hosszan tartó állandó és nagy mennyiségű virágzás lehetővé tette

a méhek folyamatos hordását. A virágok közül egynéhány (különösen nagy tömegénél fogva) főhordást is adott. Így nem volt gond a méhcsaládok tavaszi fejlesztése, mert a méhek állandó legelő mellett maguk is fejlődtek. A méhészkedés ebben az időszakban inkább csak a méhekkel való foglalatosságot, a rajbefogásokat és az ismétlődő mézelszedést jelentette. A méhlegelő kiválósága következtében mégis igen gazdaságosak voltak ezek a méhészetek. A méhekkel való szabályos vándorlásra már a 18. századtól több adat utal, azonban a kasos tartás keretei között ezt igen ritka eljárásnak kell tekintenünk.⁴

Lakás

Kaptárkövek

A 11–15. században a Bükk hegységben, a Pilisben, Érd közelében sziklafalba vájt fülkékben is tartottak méheket. Maradványaik az ún. kaptárkövek, amelyek mediterrán jellegű méhtartásra utalnak. A fülkék elejét röplyukkal ellátott deszkával fedték le. A fülkébe léptartó pálcikát helyeztek el. Hideg, szeles teleken a fülkék

⁴ Uo.

elé szalmacsomót, csergedarabot, gyapjúpokrócot függesztettek. Idegenek soha nem fosztották ki a fülkéket.

Kelence

A kelence négyzet, ritkábban kör alakú, paticsból (sárral tapasztott vesszőfonat), boronafalból, deszkából vagy nádból épített, 2–3 m magas, ajtóval ellátott, zárt méhes. Belül a falak mentén 1–3 sorban polcok futnak körbe, ezeken állnak a fa, gyékény-, szalma-, ill. vesszőkasok. A falon, a polcokat tartó padok felett zsindellyel, szalmával vagy náddal fedett, kb. 1 m széles tető húzódik körbe. A kelencén belül kis udvar van. Magyarországon a 17. században említik, de valószínű, hogy korábban sem volt ismeretlen.

Köprü

A köprü gyakran nem más, mint az erdőből a méhrajjal együtt hazahozott odvas fatörzs. A magyarság már korai gazdasági korszakában az erdei méhesfákon kívül odúkbán, köprükben tartotta méheit. A köprü üregét vésséssel, égetéssel formálják. A köprüket nyáron az eső ellen kőlappal fedik le.

Keret nélküli kaptárak

A deszkából készült méhlokások nem tévesztendőek össze a modern kaptárokkal, amelyeknél a méhek a lépet mozgatható keretbe építik bele. Ezek a 19. század második felétől kezdték kiszorítani a magyar népterület minden részén a fenti hagyományos méhlokásokat.

Méhkasok

A méhkasok (kas, kosár, dub, sztup) vesszőből (fűz, fagyal, szőlővenyige), rozs-, ritkábban búza- és zabszalmából vagy gyékényből készülnek. A vesszőből font kast, amely ősi indoeurópai méhlokás, az erdélyi és moldvai magyarságnál, a Dunántúl déli részén s helyenként az Alföldön használták. Észak felé haladva mindinkább ritkultak.

Kaptárak

A keret megjelenése a kezdeti időszakban elsősorban a mézelvéletnél jelentett előnyöket. A 19. század közepén jól ismert és a gyakorlatban is alkalmazott volt a lengyel Dzierzon (dzserzon) ún. léces kaptára, ahol

még csak a felső lécz létezett, mivel méhekkal betelepítve is használható maradt.

Magyarországon a kasos méhészkedés fokozatosan átalakult, a keretes kaptárak a 19. század közepén, végén jelentek meg. A kezdetben külföldi hatásokra többféle keret és kaptár indult terjedésnek. A kereteken kezelhető méhcsalád egyik nagy előnye a pergetett mézelszedés volt, így a lépkészlet nem semmisült meg.

Építés Hungaricum

Magyar méz a világban

Az ókori görögök nézete szerint a méz az égi harmatból származik. Ma már közismert, hogy a virágméz a növények nektárjából a méhek gyűjtő, átalakító és sűrítő tevékenysége révén alakul ki. A méz tulajdonságait alapvetően az a növényfaj határozza meg, amelyik a nektárt termelte. A mézet is ezen az alapon nevezik el. Tiszta „fajtamézet” csak azokról a növényekről kaphatunk, amelyekből egy helyen egyszerre sok virágzik. Ellenkező esetben a kaptárban a különféle nektárok összevegyülnek, s „vegyes virágméz” keletkezik. Az akácméz a világon mindenütt a divatos fajtamézek közé tartozik.

A magyar méz méltán világhíres. Magyarország évi mintegy huszonötezer tonna méz exportjával a világ mézkereskedelmének 5%-át biztosítja. Európa második legnagyobb méztermelője. Így kétséget kizáróan belépett a világ mézkereskedelmének nagy méhészeti uniós tagországai közé.⁵ A termelt mennyiség mintegy 80 %-a kerül exportra. Az itthon maradó méz nagyobb részét a termelők közvetlenül a fogyasztóknak értékesítik, és csak kisebb rész kerül be a szervezett kereskedelembe. A méz azon kevés termékek egyike, amely esetében az exportár határozza meg a hazai felvásárlási és piaci árat. A magyar akácméz évtizedek óta mindenhol jól csengő, bizalmat keltő, a különleges minőséggel és értékekkel egyet jelentő, márkánévvé vált kifejezés.

Méhészkedés vagy méztermelés

Szerencsésnek tartom magam, hiszen a családom több éve méhészkedik, és a mai napig csodálattal teszik ezt. Környezetemben a méhekről folyó diskurzus nem meglepő, az adott szezonális méhekkal való teendők kielemezése mindennapos.

⁵ *Új ötlet a méz védelmére.* <http://www.gondola.hu/cikkek/63812>

Dolgozatomhoz az adatgyűjtést először a családban kezdtem, majd a környezetünkben élő és dolgozó méhészek körében folytatattam. Az adatgyűjtésben sikerült néhány, lassan eltűnő népi építészeti emléket (méheseket) felmérni és digitalizálni. Az akkori kor emberének tudása, a természettel és a benne élőkkal szembeni alázatát példaértékűnek tartom.

A téma szakirodalma is gazdag. A rendelkezésemre álló művekben elmélyedve számtalan méhlikás típust ismertem meg. Megítélésem szerint a fejlődés iránya már nem a méhészkedésről, hanem a méztermelésről szól. Az ember már kezdi elfelejteni a méhek természetes biológiai igényeit, és számukra idegen mesterséges kaptárakba kényszeríti a családot, ahol aztán egyre több betegség üti fel a fejét, amit antibiotikumokkal, gyógyszerekkel próbál visszaszorítani. Ezzel a méz pontosan azt a különleges jellegét, szellemét veszítheti el, amiért annyira szeretjük és értékeljük.

Dolgozatomban kísérletet teszek egy olyan méhlikás tervezésére, amely egyaránt szolgálja az embert és a méhcsaládot. Ez a terv elfordul a tömeges méztermelésről, és visszalép az autentikus fenntartható méhészke-

déshez, melynek produktuma az a zamatos természetes méz, melyet dédnagyapáink termeltek és nagyra értékelték.

Ideális méh lakás

A tervezendő méh lakások ideálisan az alábbi tulajdonságokkal rendelkeznek:

- igazodnak a méhek biológiai igényeihez,
- építésük nem igényel speciális szaktudást,
- egy átlagos vidéki tűzép anyagkínálatából megvalósíthatók,
- a könnyű kezelhetőség érdekében keretes felépítésűek,
- téli tárolásuk, védelmük megoldott,
- vándorlásra alkalmasak, az ország bármely pontján telepíthetők,
- fajtaméz gyűjtésre alkalmasak.

A tervezett méh lakás és keretek alakja hatszög. Méretében, a Magyarországon legelterjedtebb, NB nagyboczonádi kaptárak keretméretéhez igazodik, mert ezt a keretméretet a Kárpát-medencei hordási viszonyokhoz kísérletezték ki. A tervezett hatszög formájú

keretek kompatibilisek a forgalomban lévő pergetőkkel, sem átalakítás, sem speciális pergető gép beszerzése nem szükséges.

A nagy lépen az anya akadálytalanul petézhets. A téli mézkészlet elhelyezése kedvező, és a telelő család jól elfér. A nagy lép azonban a méz pergetésekor könnyebben megsérül vagy kiszakad, ezt kiküszöbölendő az erősítő drótok keresztbe fűzve készülnek. Fontos jellemző, hogy a méhfűrt nagyjából gömb alakú, így minden irányban egyenletesen sugározza szét a meleget. A négyzetes forma a sarkokba kényszeríti az anyát, ez sem biológiailag, sem fizikailag nem kedvező a család számára.

A kaptár nagysága igazodik felhasználási módjához. Hosszú, mérsékelt hordás kiaknázásához nem sok gyűjtő kell egyszerre, kevesebb is elég. Ilyen legelőn a kisebb fészek is megfelel. A mézkamra is kisebb lehet, mert a lassacskán gyűlő nektár érlelésére bőven jut idő.

Egy méh lakás tervezésekor a kijáró nyílás helyének megválasztása nagyon fontos. A kijárónyíláson vagy röplyukon bonyolódik le a család levegőcseréje, közlekedése, a méhek ott védekeznek ellenségeik és a rablók ellen. A kijáró egyúttal az a kapu is, melyen a kaptár

belseje hűl. Nagyságát, elhelyezését ezek szerint kell megítélni. Az alsó kijáró kedvezőbb a kaptár takarítására és a tavaszi fejlődésre. A méhek az alsó kijárón könnyebben kihordhatják a kaptár aljába hullt szemetet. A tavaszi fejlődést pedig azzal segíti az alsó kijáró, hogy a meleg veszteség kisebb. A keretek éllel néznek a kijáró felé, ez az ún. hidegépítményű méhlakás.⁶ Ez az elrendezés a közlekedésnek és a szellőzésnek kedvez.

Látható tehát, hogy ebben a méhlakásban a méhek kedvük szerint élnek. A kas adta fészekforma a természetes fészekformát követi. A keretes felépítés lehetővé teszi a kényelmes és gyors kezelést. A méhészkor örömmel és gazdaságosan méhészkedik. A legfinomabb és leg-egészségesebb méz, virágpor, propolis a hordási időszakban minimális emberi beavatkozás mellett termelődhet. A méhcsalád így egészségesebben fejlődik.

Egészen konkrétan a következők szólnak az általam tervezett méhlakás mellett:

- A kas a méhcsalád számára olyan, mint egy 100 éves fa törzsének odúja. Ember alkotta

⁶ Faluba Zoltán: *Gyakorlati méhészkönyv*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1959.

méhlikás, és mégis a méhek természetesen élnek benne.

- A méhanya korlátozások nélkül a saját igénye szerint szabadon petézik, nincs szabályozva, korlátozva.
- A méhcsalád a természetes rajzási ösztönét a méhész javára kiélheti.
- A méhész a kas kereteinek számával mindig rugalmasan tudja a méhcsalád fejlődését követni.
- A méz aratása, szüretelése nem kampány-munka, hanem kényelmesen összekapcsolható egyéb méhészeti munkákkal.
- A természetes ösztönök kiélésével a méhészkedés valamennyi ízletes értékét kinyerheti a méhész. A méhész számára kellemes időtöltés ezzel a méhlikással méhészkedni, mert a tennivalókat a méhek természetes környezetben végezheti.

Teleltetés

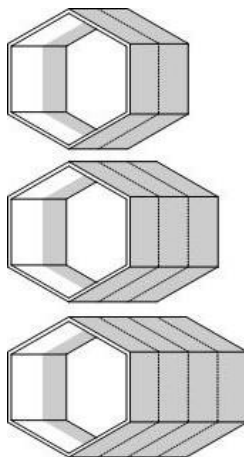
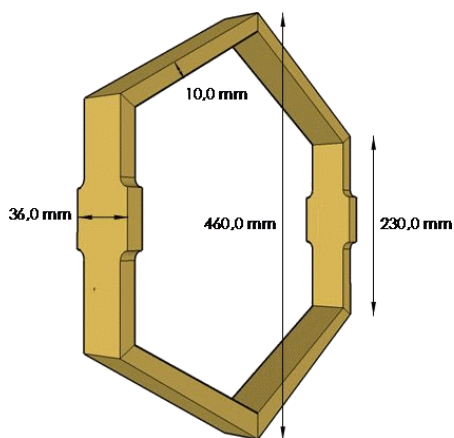
A méhlikás tervezésénél fontos szempont volt a méhcsalád téli telelésének megoldása. Célja, hogy a fás övezetekbe telepített méhlikásokat a méhészt össze- gyűjtse, és egy helyen, védettebb módon tárolni tudja. Amikor ősziestre fordul az idő, a méhek csak elvélve találhatnak nektárt. Kirepülésük erősen gyengül, majd november táján rendezik a telelőfészket. Összehúzódnak, és ahogy beköszönt a tartós hideg, fűrtbe ülve a méhlikás belsejébe húzódnak és telelnek.

A méhlikáshoz egy modulrendszerű téli telelő is tartozik, mely igazodik a méhlikások számához és korlátlanul bővíthető, ahogy a méhlikások száma is gyarapszik. Felépítése, szerkezete azon az egyszerű gondolaton alapszik, mint maga a méhlikás. A tartókapszulákat (sejteket) a méhészt huzamosabb időre is letelepítheti, de szezonálisan át is helyezheti. A modulrendszerű tartó dobozok lehetővé teszik, hogy téli időszakban védetten egy helyen teleltessük a családot. A háromféle tartószélesség egyedi térfalat képez, amely a méhlikásokkal feltöltve visszaidézi a népi méhesek hangulatát. Ha pedig a család oly mértékben megnő, hogy több térfal is szükség-

gessé válik, azokat egy fa köré telepítve és hordási idő-
szakban hálóval letakarva tökéletes pergető teret alkot a
méhlegelő szívében, egyfajta landartot hozva létre.

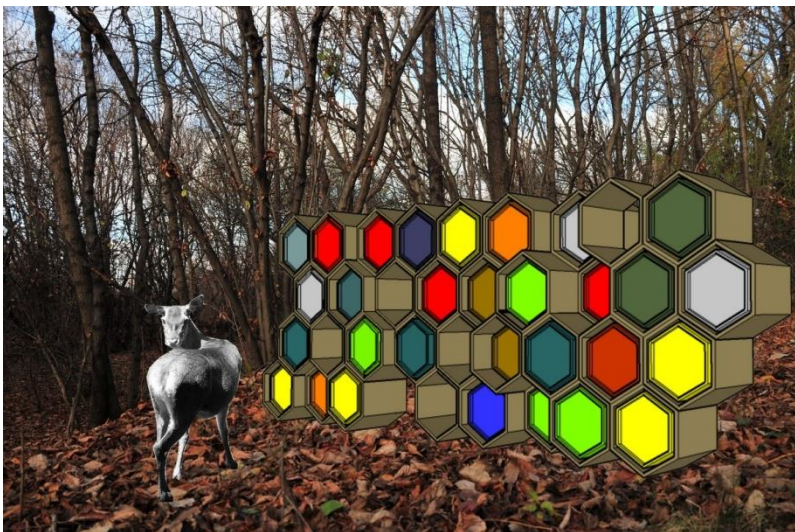


1. ábra. Tervezett méhblakás



2. ábra. Keret és téli tárolóegység





3. ábra. Látványtervek

Irodalomjegyzék

Faluba Zoltán: *Gyakorlati méhészkönyv*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1959.

Lampeitl, Franz: *Méhészek könyve*. Mezőgazda Kiadó, Stuttgart, 2009.

Paládi-Kovács Attila (főszerk.): *Magyar néprajz. II. k.* Akadémiai Kiadó, Budapest 1988-2002.

Márton András: *Méhészet*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2006.

Magyar méhészet.

http://www.mehesznet.net/index.php?option=com_content&view=article&id=106&Itemid=145 [Letöltés: 201.....]

Méhészet című szakmai folyóirat számai

Pohl, Friedrich: *Méhészet - A nektárgyűjtéstől a finom és egészséges mézig*. Holló és Társa Kiadó, Budapest, 2005.

Örösi Pál Zoltán: *Méhek között*. Börze Kft., Budapest, 1989.

Ruff János: *A méhészmester könyve*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2007.

Zsidei Barnabás: *A méhészkedés 12 hónapja*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1990.

*Mizsei Anett**

Borl! Egy szlovén vár rendhagyó rehabilitációja

Konzulens: dr. Rétfalvi Donát egyetemi docens

Bevezető

Európa kulturális örökségének jelentős részét az épített örökség képezi. A műemlék vagy műemlék jellegű épületek esztétikai, történeti, eszmei értéke vitathatatlan. Az előregedő épületállomány védelme, rehabilitációja (erkölcsi, funkcionális és szerkezeti értelemben véve is) talán a legkomplexebb és legfontosabb mérnöki feladatok közé tartoznak. Mindemelllett a fenntarthatóság, energia-tudatosság kérdése a műemlékek viszonylatában a mai napig megoldatlan. Pillanatnyilag csak komoly kompromisszumok árán lehetséges ezen épületek rehabilitálása és üzemeltetése.

Dolgozatom célja nem az, hogy általános érvényű, minden esetben alkalmazható receptet adjon tiszteletreméltó idős épületek felújításához. Megmutat azonban

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Művészeti és Művészettudományi Szekciójában II. díjjal jutalmazták.

egyvet a lehetséges beavatkozási koncepciók közül, végigvezetve az olvasót egy tervezési folyamaton. Feltárja a szlovéniai Borl várának történetét, helyét az európai történelemben, kultúrában, bemutatva ezek árnyoldalait és derűsebb időszakait. Betekintést enged a terv születésének egyes fázisaiba. Az itt következő öt fejezet jelentős részét az átépítési koncepció részletezése teszi majd ki. Erről elmondható, hogy eddigi építészeti tanulmányaim szintéziseként állt elő.

Borl várának történetét illetően a 2012 márciusában Ptuj-ban és Borl-ban elhangzott előadások szolgáltak forrásként, valamint a helyi műemlékvédelem nyilatkozata és az IDRIART (Institute for the Development of Intercultural Relations Through the Arts) által összeállított anyag. Zenetörténeti érdekességeket Till Géza: Opera című könyvéből, a bonyolultabb biológiai fogalmak közérthető magyarázatát és illusztrációit pedig a Wikipédia Szabad Enciklopédiából vettem át. A helyszíni fényképek mindegyike saját készítésű. Köszönet mindazoknak az oktatóknak, szerzőknek, szakembereknek, akik bármilyen módon hozzájárultak jelen dolgozat megírásához.

1. fejezet

amelyben Borl, a legendák vára bemutatkozik. Feltárul múltja, jelene, és hogy miért van nehezebb helyzetben, mint más műemlékek. Kiderül, milyen körülmények között kerültem kapcsolatba az épülettel, és melyek azok a tervezési célok, amelyeket a munka kezdetekor kitűztem magam elé.

A Dráva egyik régi gázlója fölött magasodó sziklaszirten áll Borl (Borlyn=gázló) vagy más néven Ankenstein vára. Összetett alaprajza folyamatos, organikus fejlődésről tanúskodik. A 13. században már kőből épült épületegyüttes állt itt, egy kora-gótikus őrtoronnyal, rendkívül vastag külső falakkal és egy lakószárnnal, melyek nagyjából maig is állnak. A régi várat először 1199-ben említik írásos források.

Több tulajdonosváltás és átépítés után a két háború közt a maribori „Berlin” közösség birtokolta. A második világháborúban német kézre került, és a koncentrációs táborokba deportálandó emberek gyűjtőhelyévé vált. A háború vége után szálloda lett belőle, de az 1980-as években az intézmény megszűnt üzemelni. Ekortól a kastély láthatóan elvesztette minden funkcióját s kapcsolatát a régió idegenforgalmi, gazdasági és kulturális életével. Világháborús múltja és forgalomból kieső,

bár valójában nem megközelíthetetlen fekvése nem teszi éppen vonzóvá a befektetők szemében.

Néhány szót kell ejtenem kulturális fontosságáról, kapcsolódásáról Európa egyik legjelentősebb mondavilágához, a germánokéhoz, melyet a verses és a prózai Edda foglal össze. E művekből számos későbbi alkotó merített munkássága során, így Richard Wagner zeneszerző is, aki nagy hatású operáival tette feledhetlenné a germán regéket. Wagner 1845-ben tanulmányozta először Wolfram von Eschenbach Parzival című eposzát. A téma nem hagyta nyugodni, olyannyira, hogy 1857-ben Zürichben papírra vetette egy leendő három felvonásos mű prózavázlatát. A komponálást 1882-ban fejezte be. A premiért Wagner már nem érthette meg, halálhírét az első felvonás végén jelentették be hivatalosan az egybegyűlteknak.

A hagyomány szerint a borl-i erődítmény maga Parsifal vára volt. Természetesen mindez a mesék világába vezet bennünket, de ha egy műemléket vizsgálunk, sosem feledkezhetünk meg annak kultúrtörténeti jelentőségéről, összefonódásáról más művészeti ágakkal. Mint azt hamarosan látni fogjuk, a vár legújabb kori sorsa,

jövője szempontjából bizony egyáltalán nem mellékes a hozzá kötődő mítosz. E mendemondák nélkül ugyanis valószínűtlen, hogy Miha Pogacnik hegedűművész és szlovén kulturális nagykövet rábukkant volna a hegyek közt rejtőző várra. Zenei kötődése hozta közel a művészt és az épületet, s az IDRIART szervezetén keresztül elkezdte bevonni a régió művészeti-kulturális életébe.

2012. márciusában Erasmus hallgatói workshopot rendeztek Ptuj városában, melynek célja, hogy koncepciótervek készüljenek a vár hasznosítására. Nemzetközi csapatmunkával 5 ország építészhallgatóival és tanáraikkal vizsgáltuk meg a vár helyreállításának lehetséges jövőjét. Célunk az volt, hogy a hagyományokat és a kortárs építészetet állítsuk a vár újjáélesztésének szolgálatába.

2. fejezet

arról szől, mit is tapasztaltam a várban tett látogatásom során. Mi okozta a legnagyobb károkat az épületen, és hogyan lehetséges orvosolni ezeket?

A kastély rendkívül összetett alaprajzi rendszerrel két belső udvar köré szervezett, valamint a keleti olda-

lon a várfallal körülvett kisebb díszkerthez csatlakozik. A kőből épített várfalon található egyetlen, nagyméretű, boltíves kapun keresztül közelíthetjük meg az épületet. Ezen át az első udvarba jutunk, melyet a barokk kori szárnyak kereteznek, több bejárattal megnyílván az udvar felé. A nyugati épületrész földszintjén a Szentháromság kápolna található, emeletén pedig az egykori lovagterem. Alatta, két szinttel lejjebb húzódik a pince legmélyebb része. Az udvari nagykapun, illetve a nyugati szárnyból épületen belül, a főlépcsőházhoz csatlakozó közlekedőn léphetünk át a reneszánsz udvarba. Ezt kelet felől a gótikus torony, a többi oldalról reneszánsz lakószárnyak keretezik. Átmeneti térként keresztboltozatokkal fedett verandák funkcionálnak, illetve a déli szárnyon faborítású, vasszerkezetű függőfolyosó. Egy keskenyebb épületszárny arkádjai alatt jutunk ki az udvarból az egykori őrtorony helyére, melyet azonban rég lebontottak, és ma csak alapfalai figyelhetők meg. A vár függőleges teherhordó szerkezetei jellemzően kő illetve téglá anyagúak, rajtuk jelentősebb károsodás nem figyelhető meg.

A barokk szárnyak pinceszinti helyiségeinek lefedése dongaboltozatos. A földszinti kápolna és előtere ugyancsak így készült, az ablaknyílásoknál fiókdongákkal bővítve. Valamennyi boltozat állapota kielégítő, jelentősebb repedés vagy sérülés nem fedezhető fel rajtuk.

Elmondható, hogy bár az összképe leromlott állapotot mutat, valójában kevés helyen szükséges komolyabb beavatkozás, és egyetlen menthetetlen vagy bontandó épületrészt sem találtam. A vár szerkezeti-statikai értelemben alkalmas egy új funkció befogadására. Esztétikai értéke, organikus, „nőtt” jellege a régió kastélyépítészetének kiemelkedő példájává teszi.

3. fejezet

amelyben ismertetem az általam választott funkciót, és rátérek arra is, milyen építészeti beavatkozásokat igényel BORL! új tudásközpontja.

A történelem előtti időkben az emberi tudás a természetben való túlélést szolgálta. Minden ismeret letéteményesei a törzs vénei voltak.

Elmondható tehát, hogy az emberiség összes tudása körülbelül megegyezett egyetlen ember agyának kapacitásával.

Az írásbeliség megjelenésével ez a tárolható adatmennyiség hirtelen megsokszorozódott, de még hosszú ideig a tudás, művelődés egy szűk, kiválasztott réteg privilégiuma volt. A köznép jobbára ünnepi alkalmakkor, különböző rituálékon keresztül nyert betekintést a művészet és tudás világába. Az olvasás elterjedése a nyugati civilizációkban forradalmat hozott a tudomány és művelődés terén. Ugyanakkor elkezdett szétnyílni az olló: a természeti népek és a „civilizált” ember lassan végleg elszakadtak egymástól. Napjainkban újabb forradalom megy végbe. A digitalizáció korába léptünk, s hamarosan eljutunk oda, hogy ami nem hozzáférhető számítógépek segítségével, az jóformán nem is létezik.

A kastély hasznosítása során tehát olyan központot alakítok ki, amely az emberiség humán ismereteit gyűjti, digitalizálja és osztja meg az érdeklődőkkel. A tudomá-

nyok közt kiemelkedő szerepet szánok a népművészet, néphagyományok, etnográfia területének, különös tekintettel a mára veszélybe került, eltűnő népek kultúrájára.

A témaválasztást többek között Petr Jahoda fotós munkássága inspirálta, aki komoly erőfeszítéseket tett, hogy a nyugati civilizációtól elzárt törzsek életét dokumentálja. A világ kitágult, az internet és a média minden képzeletet felülmúló adatmennyiséggel árasztja el az embert naponta. Mégis, átlagemberként mit sem tudunk a világszerte a természetben, azzal harmóniában együtt élő embertársaink kultúrájáról.

A létesítmény egyszerre interaktív kiállítás, memento és tudományos központ. Ebben a kutatóknak lehetőségük nyílik digitalizálni, archiválni és közkinccsé tenni gyűjtésüket, illetve egyesíthetik azt az előttük járók munkáival workshopok keretén belül. A látogatók számára interaktív formában, a modern technika legújabb vívmányaival (3D vetítés, kép- és hangjáték, 3D arcszkenner stb.) tárul fel az emberi kultúra sokszínűsége. Az érdeklődők előadásokon, szimpóziumokon, konferenciákon vehetnek részt s cserélhetik ki tapasztalataikat.

Parsifal története az EMBER történetének jelképe: az elbukás, talpra állás és megtisztulás meséje. A germán mondakör részeként az adatbázis első elemét adja, a létesítmény megnyitásakor tehát a kiállítások témája ez a legenda, és az általa ihletett újabb alkotások: festmények, opera, filmek. Az idők során a bázis organikusan bővül, épp úgy, ahogyan a kastély közel egy évezredes fennállása alatt fokozatosan épült fel, mígnem elnyerte mai formáját. Az adatbázis fokozatos alakulása izgalmas kalandra hív: ha az ember visszatér a kastélyba, soha nem ugyanazt fogja találni, mint előzőleg.

A kastély méreténél és helyzeténél fogva tökéletesen alkalmas a funkció befogadására. Területi bővítése emiatt nem kívánatos. A nagyméretű, egymáshoz csatlakozó terek jó alapot szolgáltatnak a mai használatnak is. Ugyanakkor módosítani kell a közlekedőrendszert, különös tekintettel a vertikális közlekedőkre. Az épületet akadálymentesíteni szükséges, hogy minden funkció elérhetővé váljon a mozgásukban korlátozottak, kisgyermek vagy idősek részére is.

A vár területén az egyik lehetséges beavatkozási pont az egykori, mára alapfalig leomlott nyugati torony

területe. Ma üres, elhagyatott terasz, amelyre a reneszánsz udvarról míves kapuépületen léphetünk ki. E terület rendezése a vár felújításának egyik kulcskérdése.

4. fejezet

melyben eldől a torony sorsa.

A tervezési munka kiindulópontját a toronymotívum határozta meg. Az egykori nyugati torony épp a Dráva felé nézett. Ezzel nemcsak a várból biztosított páratlan panorámát, hanem meghatározó látványeleme volt a folyó fölött emelkedő épület-együttesnek. Egyértelműnek tűnt tehát, hogy itt lehet elhelyezni egy olyan figyelemfelkeltő, ikonikus kortárs építészeti elemet, amely 20. századi, organikus bővítése lehet az eddig kialakult állapotnak.

Az első elképzelésem szerint csillagvizsgálóval egészítettem ki a várat. A teraszból induló, spirális szalagként megfogalmazott csigalépcső vezetett fel a két szintet befogadó gömbhöz. A felső, forgatható kupolarészben képzeltem el a megfigyelőállomást. Szerkezeti és esztétikai szempontból agresszivitásával szembekerült az általam kitűzött, „minimális beavatkozás” elvével. Lemondtam tehát erről a bővítésről, amellyel összeköt-

hettem volna az Égi és Földi világot, és helyette a Földet behálózó emberi tudás központjára koncentráltam. A funkció letisztulása kiszabadított a szerkezeti megkötekből, s a torony egyre kisebb, visszafogottabb formát öltött: kilátószerű csigalépcső-rendszerre egyszerűsödött.

Ideje volt a természet formáihoz nyúlni további inspirációért. Így jutottam el az ammoniteszhez, egy mára kihalt puhatestű állatcsoporthoz, melyek fosszilis vázai a mészkövek és márványok gyakori „lakói”. Az ammoniteszváz logaritmikus spirál. (A logaritmikus spirálok önmagukkal hasonlók és önmagukkal kongruensek minden hasonlósági transzformációra, vagyis nagyításuk-kicsinyítésük ugyanazt eredményezi, mint elforgatásuk a pólus körül.) Formájuk tökéletesen megfelelt, belső „merekítőkkel” cellákra osztott spirális szerkezetük statikai szempontból is alkalmasnak bizonyult. Ősi korok tanúi, alakjuk összeköti a kicsit a naggyal, a részt az egészszel: a végtelen kicsiny középpontból folyamatosan tágulva nyílik végtelen nagyra, egész életében növekedve. Ez a növekedés a várat magát, s a bele költöztetett funkciót is jelképezi egyben.

Kiszabadulva a torony-analógiából, a tervezett bővítés megszűnt épület lenni. Tágas, kilátást biztosító teraszfüzérre vált, amely az egykori kőfalakon belülré visszahúzva köti össze a földszinti reneszánsz udvart az első emelettel, illetve a legmélyebben fekvő -2 pincészinttel. Ez a mély „kút”, a „negatív torony” pontosan azt a különleges térélményt, ugyanakkor visszafogott bővítést jelentette, amelyet kerestem. Acél tartószerkezet vázat álmodtam meg, de egyébként minden egyebet: korlátokat, járófelületet üvegből képzeltem el. A víztiszta üveggörbítők nem akadályozzák a ki- és átlátást, az organikus mintával gravírozott lépcsőfokok csúszásmentesek, egyben korlátozzák az átlátást, így a mélyebb, pincészinti régiókba derengő, titokzatos fényt juttatva.

A ház közlekedési rendszere igényelt egy felvonót is. Ezt az északi barokk szárny bütőfalán helyeztem el. A várhoz való megérkezéskor az eredeti látványt ez az egyetlen, keskeny, magas elem bontja meg. A fal áttörésével hasítékot képzeltem, majd egy kiugró acél-üveg szerkezetet helyeztem a homlokzat elé, melyben a lift üzemel.

E két függőleges közlekedő megépítésével a vár közlekedési rendszere, bejárhatósága megoldódott.

5. fejezet

melyben helyükre kerülnek az építőkövek.

A körbejárhatóság és az akadálymentesítés után végre beköltözhetővé vált az épület. Az érkező teherautókról színes plasztik paneleket és zártszelvény-elemeket pakolnak le a szerelőmunkások a díszudvar kövére, majd behordják a főkapun. Épül a tudásközpont.

A vár tágas, boltozatos tereit lekerekített sarkú kockák népesítik be. Valamennyi szükséges funkció ezekben az egyedileg, falfűtéssel temperálható pavilonokban kap helyet. Üzemidőben annyi hőt bocsátanak ki, amely elegendő a befoglaló terek használatához, a felhasznált hőmennyiség azonban azokra a pontokra összpontosul, ahol huzamosabb időt tölt el a látogató vagy az itt dolgozó.

Kétféle méret és kilencféle szín áll rendelkezésre, így megkülönböztetve az egyes kockákat. Szállás céljára szolgál a két kisebb egység, 3,60 m él-hosszúságával. A kék hálókabinokat és a szürke fürdőegységeket a reneszánsz szárnyak kisebb belmagasságú és fesztávú egyko-

ri hálótermeiben és szalonjaiban helyeztem el az első és második emeleten. A szomszédos teremben piros-fekete konyha szolgálja az itt lakók kényelmét. A nagyobb, 4m x 4m x 4m méretű kockák a Borli tudásközpont napi üzemét szolgálják ki: narancssárga információs pavilon, fehér mosdóblokk fogadja a látogatókat. Innét vagy kezdetét veszi a kaland, a zöld pavilonok füzéréként berendezett interaktív kiállítás megtekintésével, vagy elérhető a helyreállított barokk kápolna. A kutatók és a több napra érkezők átvehetik saját alvókapszulájukat az első vagy második emeleten, s azonnal megkezdhetik a munkát: böngészhetik a meglévő állományt vagy feltölthetik saját kutatási eredményeiket.

A déli, reneszánsz udvar rendezvénytérként, az ide nyíló kisebb helyiségek kereskedelmi célú egységekként működhetnek. A vár központi szárnya az üzemeltetésé. Itt, a vár szívében kapott helyet a sötétzöld szerverterem, a személyzeti pihenők és hálókahelyek, a sárga szelektív hulladékártározás. Felsőbb szinteken fekete irodák és tárgyalók szolgálják a dolgozókat és a vendégeket.

A vár sajátos, attraktív terei a 11. századi lakótorony apró szobái és kápolnái. E tereket helyreállítva kutatói

cellák létesíthetők, ahova egy-egy tudós visszavonulva, a legkorszerűbb technológiákkal digitálisan dolgozhatja fel a gyűjtött hang-, kép-, videó- vagy adatállományt, esetleg tanulmányozhatja a már feltöltött anyagokat.

A kastély egésze látogatható, mindenki számára nyitott, megtapasztalható, megismerhető.

Fontos még kiemelnem a koncepció mobilitását. A beépített kockák itt leírt elrendezése csupán ajánlás. Esetenként az egységek elmozdulnak, kicserélődnek. A vár térkapcsolatai változatos elrendezést tesznek lehetővé. A kis kockákkal benépesíthetik a környező tájat is, ezzel szabadtéri túrák állomásait képezve.

Zárszó

amely egyben visszatérés a kiindulóponthoz.

Egy-egy tervezési feladat befejezése után néha már másnap reggel pontosan tudja az ember, mit kellett volna másként csinálnia. Egyáltalán, az ilyen alkotótevékenységet legfőlebb abbahagyni lehet, befejezni nem. Borl esetében még magamban sem keltettem azt az illúziót, hogy valami készen van. Tettem egy ajánlást, ad-

tam egy ötletet a vár használóinak, de a további döntések sorát már nekik kell majd meghozni.

A biológiában a szimbiózis hasonlítható talán a leginkább ehhez a koncepcióhoz. A betelepülő kis sejteket befogadja a már meglévő épület, de nem válnak eggyé vele. Önálló egységek maradnak, de létük, kibocsátott melegük a várat is megóvjá, és élettel tölti meg. A pavilonok önmagukban nem jelentenének sokat. Az egykor büszke kastély is magányosan állt az elmúlt 30 évben a Dráva feletti ormokon. Együtt azonban talán lenne esélyük újra bekötni ezt az egyedülálló építészeti, kultúrtörténeti jelentőségű műemléket a térség szellemi-turisztikai életébe.

Az épületek éppúgy élnek, mint az emberek: születnek, megöregszenek, meghalnak. A borl-i kastély nem fiatal már. De bizonyosan van még jövője, és a tervezés során ez volt a legfontosabb kulcskérdés: találkozni a várral, hozzátenni egy keveset a jelenéhez, de meghagyni számára a továbbélés szabadságát. Azt remélem, koncepciómmal csak hozzáadtam bizonyos lehetőségeket a vár sorsának alakulásához, kinyitottam előtte egy kaput, s nem zártam ki semmilyen további lehetőséget. Sértet-

lenül, hajdani fényében adom át a következő generációknak.

Irodalomjegyzék

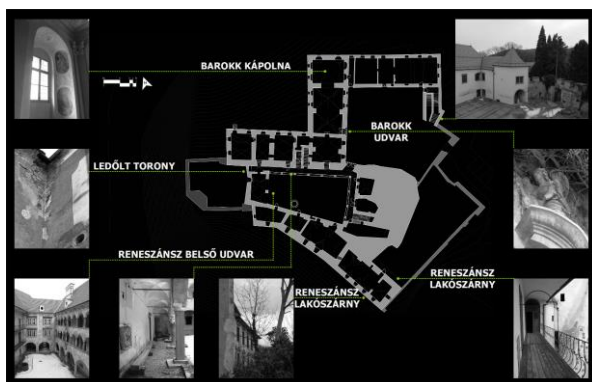
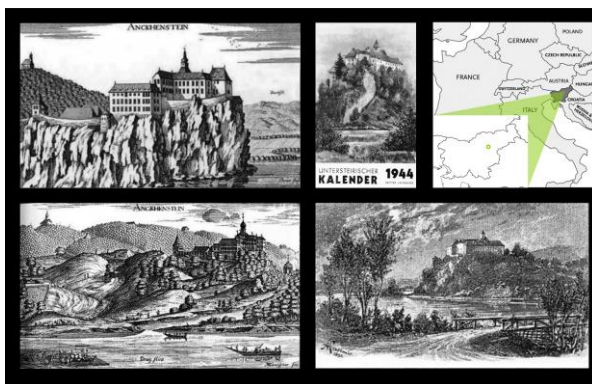
IDRIART (Institute for the Development of Intercultural Relations Through the Arts) tájékoztatója

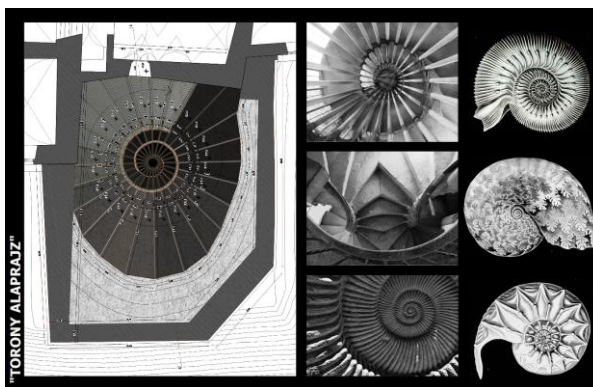
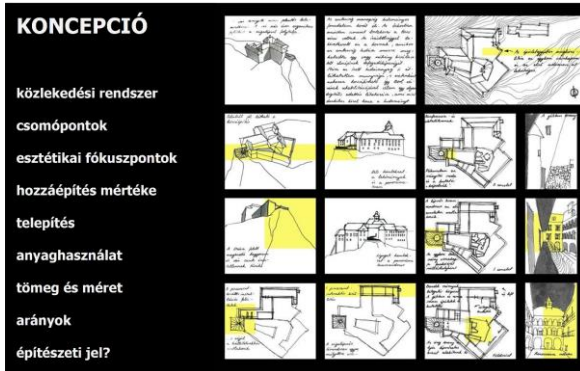
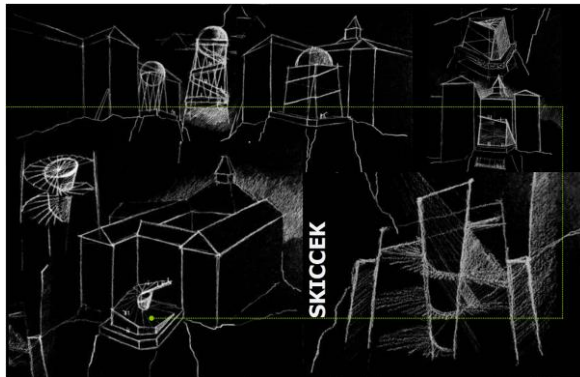
Till Géza: *Opera*. Zeneműkiadó, Budapest, 1957.

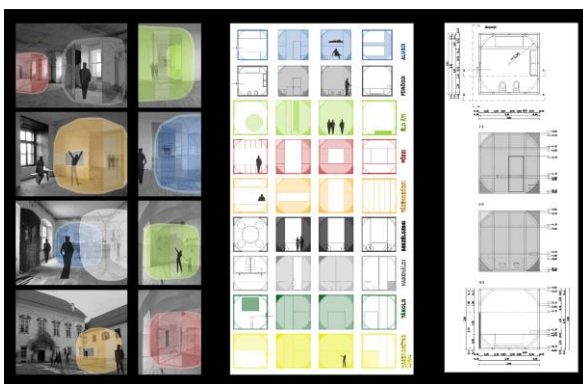
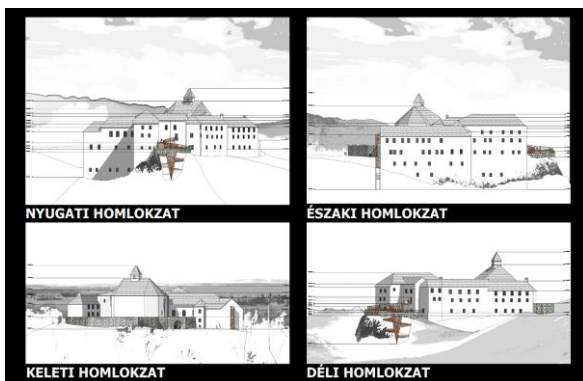
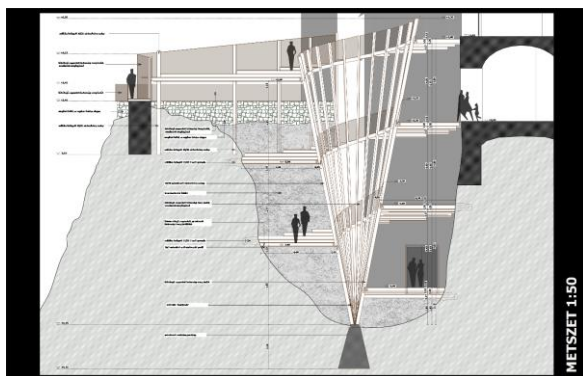
Wikipédia Szabad Enciklopédia.

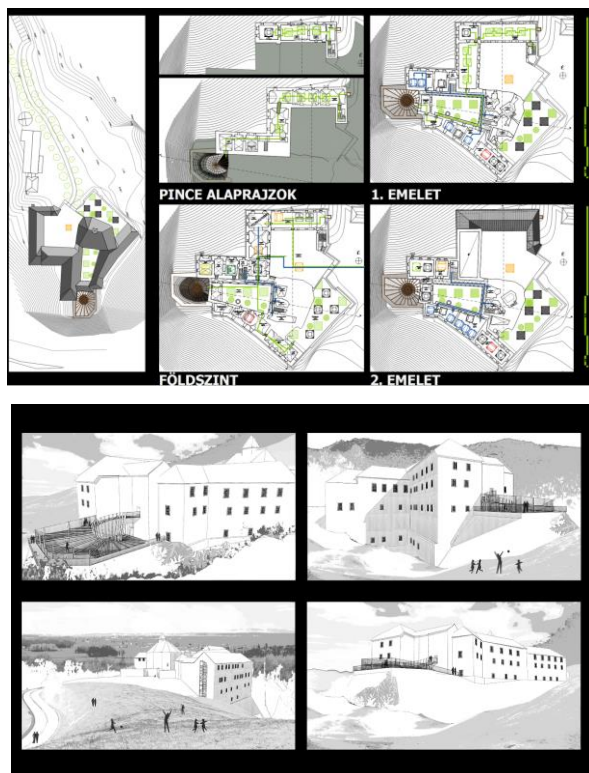
<http://hu.wikipedia.org/wiki>











*Patkó Ákos – Wilk Péter**

Középfeszültségű szabadvezetéki hálózatok modellezése

Konzulensek: Dr. Elmer György egyetemi docens

Ulrich Sándor E.ON Hungária Áramhálózati Zrt.

Problémafelvetés

A villamosenergia felhasználói, a lakossági és céges felhasználók egyaránt állandóan magasabb igényeket támasztanak a villamosenergia minőségével és megbízható rendelkezésre állásával szemben. Ma már néhány másodperces áramszünetet is nehezen tolerálnak, mert szünetmentes áramforrások nélkül például egy irodaházban órákig eltarthat, míg a személyzet helyreállítja az ilyenkor elvesző információkat, beállításokat.

Különösen a szabadvezetéki hálózatok érzékenyek az időjárásra és egyéb körülményekre. Nagyságrendekkel gyakrabban következnek be rajtuk zárlatok, melyek nagy része múló zárlat. A középfeszültségű hálózatokon különösen sokszor következik be egyfázisú földzárlat (Ff),

* A bemutatott pályamunkát a XXX. (2011. április) OTDK Műszaki Tudományi Szekciójában II. díjjal jutalmazták.

amely esetén a védelem a leágazást vagy szakaszt mindenképpen kikapcsolja, sok esetben többször is.

Kompenzált hálózatokon lehetőség volna földzárlatos üzem tartására, amikor a fennmaradó földzárlat ellenére a hálózatrész bekapcsolva marad, és továbbra is szolgáltatja a villamos energiát. A hálózati engedélyes (korábban áramszolgáltató) azonban legtöbbször nem tart földzárlatos üzemet, mert a mai nagy kiterjedésű hálózatokon nem biztosítható a kompenzált hálózatokon fennálló maradék áram elegendően kis értéken tartására. Adott hálózat esetén célszerű volna a szabadvezetéseket tartó betonoszlopok és a hálózat szimulációs számításaival a földzárlatos betonoszlop potenciáljának meghatározása. Ennek segítségével megállapítható lenne, hogy az oszlopot érintő ember nem hidal-e át a megengedett érintési feszültségnél nagyobb értéket (50 VAC), mert akkor a földzárlatos üzem fenntartható lenne.

Jelen munka, a terjedelmi korlátokra tekintettel, mellőzi a számításokat, ábrákat, melyek a TDK dolgozatban teljes terjedelmükben megtekinthetők. A dolgozat a szabadvezetéki betonoszlopok áramköri szimulá-

cióra alkalmas helyettesítő modelljére ad javaslatot, majd azt a hálózat modelljébe beillesztve számos földzárlati szimuláció eredménye szerepel azok kiértékelésével.

Középfeszültségű hálózatok Magyarországon

A villamos hálózatok feladata nagy mennyiségű villamosenergia átvitele, elosztása és eljuttatása a fogyasztókhoz. A villamos hálózatok a villamosenergia-rendszer részét képezik.

A villamos hálózat lehet:

- nemzetközi kooperációs hálózat,
- átviteli hálózat,
- elosztó hálózat,
- fogyasztói hálózat.

Az elosztóhálózatok iparági definíciója a következő: az elosztóhálózat közcélú hálózatnak minősülő, a villamos-energia elosztására és a fogyasztói csatlakozó berendezésekhez történő eljuttatására szolgáló vezeték-rendszer a tartószerkezetekkel, valamint a hozzátartozó átalakító és kapcsoló berendezésekkel együtt, amelyeket egy egységként kell kezelni.

Közcélú közép-feszültségű hálózatok jellemzői

A 10–35 kV feszültségű hálózatok alkotják azokat az elosztói hálózatokat, amelyre az 50 MW-nál kisebb névleges teljesítményű generátorok dolgoznak. A közép-feszültségű hálózatok hurkolt kialakításúak, de sugarasan üzemelnek.

35 kV-os hálózat

A régebben sok helyen főelosztó hálózatként üzemelő 35 kV-os hálózat visszafejlesztésre került és ma az E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt. területén 35 kV-os hálózat már csak a pécsi erőmű és a Pécs I. főelosztó hálózati transzformátorállomás között, valamint Pécs és Komló között üzemel.

A 35 kV-os hálózat nem vasbeton oszlopon állt, hanem könnyen megismerhető rácsos vasoszlop tartotta a vezetékeket. Az erőmű és a városi alállomás közötti rendszer kompenzáltan üzemel, amelynek Petersen tekercse és annak szabályozása az erőműben van. A Pécs-Komló közötti szabadvezeték kis kiterjedése miatt szigetelt csillagponttal üzemel. A szabadvezeték rövid hossza miatt csak 6–7 A-es Ff zárlat alakult ki, és mivel

10 A alatt nem alakul ki ívelő földzárlat, így földzárlatkor csak jelzés volt, és a hiba elhárításáig tartani lehetett a földzárlatos üzemet.

20 kV-os hálózat

A 20 kV a legkésőbb kialakított középfeszültségű elosztóhálózati feszültség szint. Többnyire városokon kívül létesül, mert sok nagyvárosban (pl. Budapest, Pécs) a korábban létesült 10 kV-os feszültség szint maradt a középfeszültségű elosztóhálózat feszültség szintje. Egyes városokban azonban, mint például Kaposváron, a városi kábelhálózat is 20 kV feszültségű.

Korábban a 20 kV-os hálózatok takarékosági okokból hosszú földeléssel üzemeltek, azaz a transzformátor 20 kV-os csillagpontja és a föld közé kapcsolt 100 Ω értékű nagyfeszültségű ellenállással. A hosszan földelt elnevezés abból származik, hogy ez a 100 Ω ellenállású földelés gyakorlatilag 'távolra' helyezi a potenciált a földtől.

10 kV-os hálózat

A 10 kV-os elosztóhálózat inkább városokra jellemző kábelhálózat. Pécssett 10 kV-os vonalak indulnak ki a Kertváros, a P.U.M.A. (Pécs Újmecsekalja) a Pécs Kelet és a Pécs I. alállomásokból. Maga az elosztóhálózat kábelhálózat, de található szabadvezetékes rész is. A 10 kV-os hálózaton a névleges fázisfeszültség 5,77 kV.

A csillagpont-kezelés a 10 kV-os hálózaton hosszan földelt, ami egy $50\ \Omega$ ellenállású föld felé tartó levezetést jelent. Mivel a 120/10 kV-os transzformátorok szekunder (10 kV-os) oldala deltakapcsolású, ezért a csillagpont-kezelés a transzformátor szekunder oldalára kapcsolódó csillagpont-képző (segédüzemi) transzformátor 10 kV-os zeg-zug kapcsolású primer oldalának csillagpontjában történik.

Középfeszültségű hálózatokon alkalmazott védelmek

Általános követelmények a középfeszültségű hálózaton alkalmazott védelmek felé:

- a készülékek jellege szempontjából: a készülékek legyenek digitálisak;
- működtetés szempontjából: a védelem a megszakító(k) „ki-be” tekercsét a pozitív ág kapcsolásával működtesse (egysarkú működtetés);
- a védelem-automatika rendszernek kapcsolódnia kell az alállomási irányítástechnikai rendszerhez;
- a készülék tervezett élettartama legalább 20 év legyen. A készülék konfigurációját és működési paramétereit tároló egységet, vagy annak tápfeszültség forrását az élettartam alatt legfeljebb kétszer kelljen cserélni. A készülék a konfigurációját és a működési paramétereit legalább fél évig legyen képes megőrizni külső tápfeszültség nélkül is. A készülék belső valós idejű órájának továbbjárására ugyanez a feltétel vonatkozik mind a tápellátás meg-

szűnése mind a készülékek kikapcsolása esetében.

A 20 kV-os hálózaton fellépő egyfázisú földzárlatkor (Ff) a következő automatikus védelmi működések történnek: mivel impedancián keresztül földelt csillagpontú hálózat, Ff zárlatakor a csillagpont közel fázisfeszültségre (kompenzált hálózaton pontosan arra) emelkedik, ezért a 20 kV oldali csillagpont földhöz képesti feszültségét figyelő $U_0 >$ érzékelés megszólal és elindítja a 2 s beállítási időzítést, ennyi időt engedve az ívoltási kísérletnek.

Sikertelen ívoltási kísérlet esetén a földzárlati áramnövelő ellenállást (FÁNOE) vezérlő automatika bekapcsolja az ellenállást ($100\ \Omega$) a 20 kV-os csillagpont és a föld közé. A FÁNOE ellenállás kb. 6–7 másodpercig marad bekapcsolva.

A földzárlati áram megnő a csillagpont és a zárlatos leágazás hibahelye között, aminek következtében a leágazásba telepített DTIVA digitális túláram-idővédelem visszakapcsoló automatikával védelem $I_0 >$ érzékelése megszólal és elindítja a szelektív időértékre (1 s) beállított időművet.

Amennyiben a földzárlat a beállított szelektív időtartam alatt nem szűnik meg, azaz pl. szárnyvezetékek védelme nem működött, akkor az automatika kikapcsolja a hibás leágazásnak a 20 kV-os gyűjtősínre csatlakozó megszakítóját, és elindítja a gyors-visszakapcsolási holtidő (GVA) időművét (1 s). A beállított idő lejártá után az automatika újra bekapcsolja (visszakapcsolja) a leágazás megszakítóját.

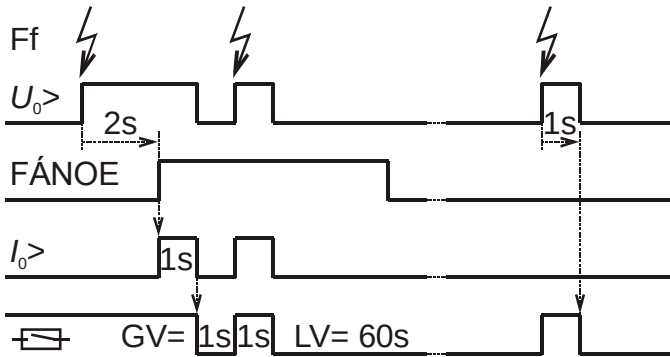
Ha a földzárlat a gyors-visszakapcsolási holtidő alatt nem szűnt meg, illetve újra fellép, akkor ismét elindul a szelektív időzítés időműve, mivel a FÁNOE még mindig be van kapcsolva és ezért az $I_0 >$ érzékelése ismét megszólal. Amennyiben a földzárlat a beállított szelektív időtartam alatt sem szűnik meg, akkor az automatika kikapcsolja a hibás leágazás megszakítóját és elindítja a lassú-visszakapcsolási holtidő (LVA) időművét (60 s). Az LVA idő alatt a FÁNOE kikapcsol. A beállított LVA idő lejártá után az automatika újra bekapcsolja (visszakapcsolja) a leágazás megszakítóját.

Ha a földzárlat a lassú-visszakapcsolási holtidő alatt sem szűnt meg, illetve újra fellép, akkor újabb 1 s idő-

tartamú ívöltási kísérlet történik, mivel a FÁNOE már nincs bekapcsolva.

Sikertelen ívöltási kísérlet esetén a zárlatos leágazás automatikája a megszakítót véglegesen kikapcsolja.

A védelmi működések összefoglaló idődiagramja az 1. ábrán látható. A felső sorban az $U_0 >$ érzékelés állapota, az alatta levőben a FÁNOE ki- és bekapcsolt állapota, alatta az $I_0 >$ érzékelés állapota, legalul pedig a hibás leágazás megszakítójának ki- és bekapcsolt állapota látható.



1 ábra. Védelmi működések idődiagramja 20 kV-on

Egyfázisú földzárlatok (FN, Ff)

Egyfázisú zárlatok esetében két extrém csillagpontkezelésű módszerről beszélhetünk: közvetlenül földelt, illetve szigetelt csillagpontú rendszer.

A hibahelyen a zárlatos fázis feszültsége 0, az ép fázisok feszültsége vonali feszültségre emelkedik, az n csillagpont feszültsége pedig az U_h hibafeszültsége, azaz U_f fázisfeszültségre emelkedik.

Ff zárlat szigetelt csillagpontú hálózaton

A hálózatok csillagpontjának kezelése az érintésvédelemtől kezdve a szigetelési távolságokig az energiaátvitel csaknem minden kérdésére kihatással van. Legegyyszerűbb, egyúttal legritkábban alkalmazott eset a szigetelt csillagpontú hálózat.

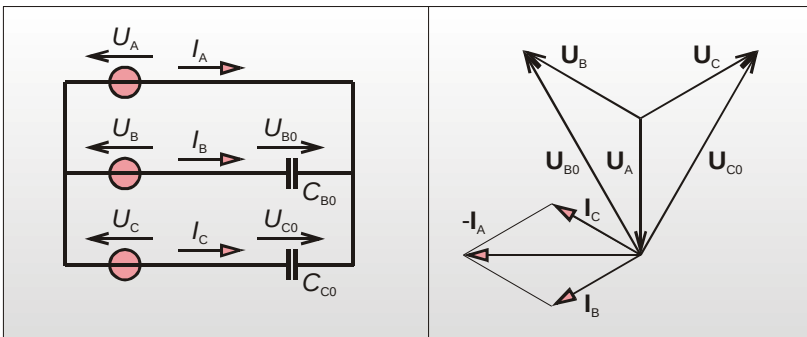
Nagyobb kiterjedésű vezeték esetén a vezetők földkapacitásai számottevővé válnak, és azokon kapacitív töltőáram folyik a földbe. Terheletlen vezeték esetén szigetelt csillagpont mellett is.

A terheletlen vezeték normál üzeme esetén folyó kapacitív áramrendszer a fázisok azonos földkapacitásai esetén szimmetrikus. A szabadvezetékek szimmetrikus

voltát fáziscserélő oszlopok beiktatásával érik el. Ekkor a vezeték teljes hosszának egy-egy harmadán mindegyik vezető mindegyik pozícióban elhelyezkedik, azonos eredő földkapacitást eredményezve.

Ha az A fázis kapcsolatba kerül a földdel, akkor fellép az egyfázisú földzárlat (nem földrövidzárlat). A zárlati áram a hibahelyen lép be a földbe és a két ép – nem zárlatos – fázis földkapacitásain, valamint a csillagponton keresztül záródik.

A 2. ábra egységes mérőirány-rendszerrel mutatja az áramokat a bal oldali elvi kapcsolási rajzon, a jobb oldalon pedig az annak megfelelő vektorábrát.



2. ábra. Egyfázisú zárlat áramköre és vektorábrája szigetelt csillagpontú hálózaton

Felírva a Kirchhoff hurokegyenletet a baloldali ábra egy csomópontjára

$$\mathbf{I}_A + \mathbf{I}_B + \mathbf{I}_C = 0 \quad \rightarrow \quad \mathbf{I}_B + \mathbf{I}_C = -\mathbf{I}_A.$$

Szigetelt csillagpontú hálózaton fellépő egyfázisú földzárlat esetén az alábbiak jelenthetők ki:

- aszimmetrikus zárlat;
- csillagpont feszültsége nulláról fázisfeszültségre emelkedik;
- az ép fázisok feszültsége fázisfeszültségről vonali feszültségre emelkedik;
- megnő az ép fázisok kapacitív áramösszetevője;
- zárlatos fázisáram a másik két fázis kapacitív áramának vektoros összege

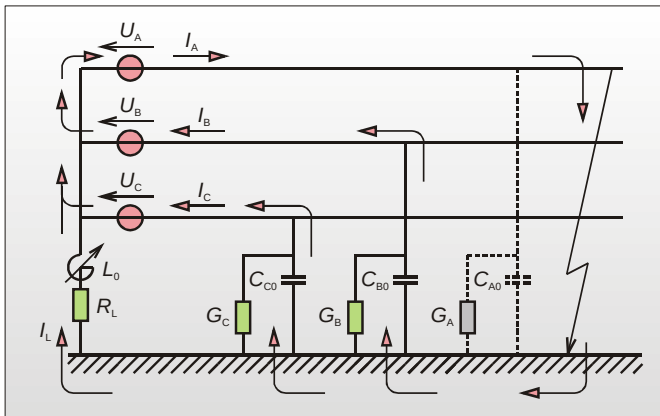
Ff zárlat kompenzált hálózaton

Középfeszültségen alkalmazott csillagpont-kezelési módszer a Petersen tekercs – más néven ívöltő tekercs – a csillagpont és a föld között. A csillagpont és a föld közé kapcsolt változtatható induktivitás esetén a hálózatot kompenzált hálózatnak nevezik.

Megállapítható, hogy a zárlat helyén ilyenkor nem folyik áram, mert az induktivitás árama és a kapacitív áram összege nulla.

$$\mathbf{I}_A + \mathbf{I}_B + \mathbf{I}_L = 0.$$

Az előző eredmény, mely szerint kompenzált hálózaton a hibahelyi áram nulla, csak ideális kapacitások és induktivitás esetén igaz. A valóságban a kapacitásokkal párhuzamosan vezetésekkel is rendelkeznek a vezetékek a föld felé, és a Petersen tekercs is rendelkezik soros ellenállással. Ezt a valóságot sokkal jobban közelítő esetet mutatja a 3. ábra.



3. ábra. 1F zárlat veszteséges kompenzált hálózaton

Az impedancián keresztül földelt hálózaton fellépő egyfázisú földzárlat esetén az alábbiak jelenthetők ki:

- aszimmetrikus zárlat, célszerűen a szimmetrikus összetevők módszerével számítható;
- csillagpont feszültsége a nulla sorrendű eredő impedanciától függő feszültségre emelkedik;
- az ép fázisok feszültsége a nulla sorrendű eredő impedanciától függő feszültségre emelkedik;
- árama akár nagyobb is lehet a háromfázisú zárlaténak;
- a hálózaton bekövetkező zárlatok 80–90%-át teszi ki.

A 20 kV-os kompenzált hálózat modellje

A kapcsolódó hálózat modellje

A TINA áramkör-szimulációs szoftverrel¹ végzett számítás során figyelembe vett tápláló hálózat nem egy konkrét hálózat, hanem átlagos jellemzőkkel rendelkező elképzelt hálózat, amelynek adatai a modellben bármikor aktualizálhatók egy adott tényleges hálózat adatai-

¹ TINALab II High Speed Multifunction PC Instrument, User Manual, DesignSoft, Budapest, 2002.

val. Az adatok, számítások a rendelkezésre álló terjedelem szűkössége miatt a TDK dolgozatban olvashatók.

A betonoszlop adatai

Az alábbiakban az oszlop legfontosabb paramétereit mutatjuk be. Kisfeszültségen a nulla vezető és a közvilágítás vezetői nem kerülnek figyelembe vételre.²

Szigetelő – R_{szig}

A támszigetelő ellenállásának számításakor hozzávetőlegesen a szigetelő tiszta és száraz állapotú szigetelőt feltételeztünk. A dolgozatban található számítás nem veszi figyelembe a szigetelő felületének levezetését, ezért az ellenállás értéknek csupán a nagyságrendje érdekes, mivel más anyagú szigetelő, az arra rárakódó szennyeződés és a csapadék függvényében az nagy mértékben változhat. Megfelelő tapasztalati adatok esetén a szennyeződés és a nedvesség hatása is figyelembe vehető.

² ERŐTERV, Szabadvezetéki oszlopok földelő berendezései;
MSZ 151-1:2000, Erősáramú szabadvezetékek, 1 kV-nál nagyobb névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásai;

Kereszttartó – R_{kt} , R'_{kt}

A többi soros elemhez képest kis értékük miatt azonos kereszttartó ellenállás-értékek kerülnek figyelembe vételre a kis- és nagyfeszültségű hálózaton egyaránt.

Betonvas – R'_{Fe} , R_{Fe} , R''_{Fe}

A vizsgált vasbeton oszlop a négy sarkánál 3-3 darab 6 mm átmérőjű betonvassal rendelkezik, amelyek az oszloppal megegyező hosszúságúak. Ezen kívül rendelkezik még egy hosszirányban végigfutó 10 mm átmérőjű betonvassal, amely az oszlop alsó végén 15 cm hosszan kilép az oszlopból a földeléshez hozzájárulva.

Az oszlop 15 darab nyílással rendelkezik az oldalán. A legfelső nyílás egyharmadánál keresztirányú vas jelenik meg, amely a vezetéktartó szerkezettel való összeköttetést lehetővé teszi. Az oszlop modellje kvázi elosztott paraméterű, amely nem tényleges elosztott paraméterű megoldást jelent, hanem az oszlop 15 nyílásának megfelelő számú csaknem egyforma Π tagot. Ezen kívül két további, a legfelső és a legalsó tag jelentősen különbözik a többitől, mert az oszlop tömör részét modellezi. Az

egyes tagok az oszlop négy sarkában elhelyezkedő vasalást a vastagabb betonvassal együtt egy tagként és a betont szintén egy tagként veszik figyelembe a szimmetriára tekintettel.

Beton – R_{Be0} - R_{Be16}

A beton fajlagos ellenállása a víztartalmától függően nagyságrendeket képes változni a vezetőképes elektroliotok tartományától a jó szigetelőkéig. A beton fajlagos ellenállása méréssel került megállapításra.

A szerelvények adatai

Az egyenpotenciálra hozó sodrony 50 mm² keresztmetszetű AlMgSi, azaz ötvözt alumínium anyagú. A szerelvények körülfogják az oszlopot és belső oldalukat minimum 25 mm beton választja el a sarkokon levő vasaktól.

Szimulációs eredmények

Jelen fejezetben a TINA áramkörüi szimulációs szoftver segítségével a középfeszültségű (20 kV-os) hálózaton, különböző földelési ellenállás értékek, felsze-

reltség és csillagpont-kezelés mellett végzett számítások eredményei szerepelnek.

1FN zárlat

Az eredmények azt mutatták, hogy az összességében nagy betonvas keresztmetszetnek köszönhetően az oszlop csaknem teljesen egyenpotenciálú, mégpedig 5 Ω üzemi és 9,3 Ω hibahelyi földelési ellenállás mellett kb. 800 V értékű, ami érintési szempontból életveszélyes feszültség.

1FN zárlat 18,6 Ω földeléssel

Egyfázisú földzárlatot modellezve, de ebben az esetben megkétszerezett hibahelyi földelési ellenállással számolva, az oszlop ekkor is csaknem teljesen egyenpotenciálú, de értéke 1490 V, amely veszélyesen magas érték.

1FN zárlat 9,3 Ω földeléssel, földelt szerelvényekkel

Továbbra is egyfázisú földzárlatot szimulálva az oszlopra szerelt szerelvényekkel és az azokat összekötő

alumínium sodronnyal, $9,3 \Omega$ hibahelyi földelési ellenállással. A szerelvények és azok földelésbe való bekötése szinte semmit nem változtat a potenciálviszonyokon. Az oszlop potenciálja ekkor is csaknem 800 V értékű életveszélyes feszültség. A lépésfeszültség szintén életveszélyes mértékű.

1FN zárlat 4,6 Ω földeléssel, földelt szerelvényekkel

Egyfázisú földzárlatot modellezve $4,6 \Omega$ hibahelyi földelési ellenállás esetében továbbra is egyenpotenciálú az oszlop, de 412 V-os veszélyes feszültség lép fel még az oszlop alján is.

1FN zárlat, Petersen tekercessel

Jelen szimuláció egyfázisú földzárlat mellett $9,3 \Omega$ hibahelyi földelési ellenállással, de kompenzált hálózaton, pontosan hangolt Petersen tekercssel és szigetelt szerelvényekkel készült. Kis kiterjedésű hálózat esetén, az oszlop mentén a potenciál csaknem nulla V.

25 MVA transzformátor

Azt az egy másodperces esetet még a FÁNOE működik, a lehető legkedvezőbb paraméterek mellett vizsgáltuk, de még így is sokkal 50 V felett van az oszlop potenciálja ebben az esetben.

1 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	37,36 mV	172,47 mV	304,59 mV	567,41 mV	779,28 mV	951,38 mV
	5 Ω	186,53 mV	860,97 mV	1,52 V	2,85 V	3,89 V	4,74 V
	10 Ω	372,99 mV	1,72 V	3,04 V	5,66 V	7,77 V	9,47 V
	50 Ω	1,86 V	8,60 V	15,18 V	28,21 V	38,61 V	46,79 V
	100 Ω	3,73 V	17,19 V	30,31 V	56,22 V	76,64 V	92,21 V

FÁNOE (1km, 1Ω): **116,33 V**

2 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	37,43 mV	173,80 mV	314,21 mV	610,87 mV	855,34 mV	972,04 mV
	5 Ω	186,39 mV	867,64 mV	1,57 V	3,05 V	4,27 V	4,85 V
	10 Ω	372,70 mV	1,73 V	3,14 V	6,09 V	8,53 V	9,68 V
	50 Ω	1,86 V	8,67 V	15,66 V	30,37 V	42,38 V	47,81 V
	100 Ω	3,73 V	17,32 V	31,27 V	60,52 V	84,12 V	94,21 V

FÁNOE (1km, 1Ω): **116,27 V**

4 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	37,26 mV	174,62 mV	319,42 mV	640,92 mV	944,47 mV	632,28 mV
	5 Ω	186,04 mV	871,69 mV	1,59 V	3,20 V	4,71 V	5,83 V
	10 Ω	372,00 mV	1,74 V	3,19 V	6,39 V	9,42 V	11,63 V
	50 Ω	1,86 V	8,71 V	15,92 V	31,87 V	46,79 V	57,47 V
	100 Ω	3,72 V	17,40 V	31,79 V	63,50 V	92,89 V	113,25 V

FÁNOE (1km, 1Ω): **116,07 V**

8 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	37,22 mV	175,05 mV	321,95 mV	655,51 mV	991,86 mV	1,31 V
	5 Ω	185,82 mV	873,89 mV	1,61 V	3,27 V	4,95 V	6,51 V
	10 Ω	371,57 mV	1,75 V	3,21 V	6,54 V	9,89 V	13,00 V
	50 Ω	1,86 V	8,73 V	16,04 V	32,59 V	49,14 V	64,21 V
	100 Ω	3,72 V	17,45 V	32,04 V	64,95 V	97,55 V	126,54 V

FÁNOE (1km, 1 Ω): 115,95 V

40 MVA transzformátor

Végül 40 MVA-es transzformátorral is elvégezve a szimulációkat, az alábbi eredményeket kaptuk.

1 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	36,84 mV	162,33 mV	268,55 mV	446,11 mV	561,28 mV	643,85 mV
	5 Ω	183,90 mV	810,37 mV	1,34 V	2,23 V	2,80 V	3,21 V
	10 Ω	367,72 mV	1,62 V	2,68 V	4,45 V	5,60 V	6,41 V
	50 Ω	1,84 V	8,10 V	13,38 V	22,18 V	27,81 V	31,66 V
	100 Ω	3,68 V	16,18 V	26,72 V	44,20 V	55,20 V	62,40 V

FÁNOE (1km, 1 Ω): 114,74 V

2 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	36,87 mV	165,60 mV	284,57 mV	496,00 mV	609,50 mV	587,34 mV
	5 Ω	184,07 mV	824,50 mV	1,42 V	2,48 V	3,04 V	2,93 V
	10 Ω	368,06 mV	1,65 V	2,84 V	4,95 V	6,08 V	5,85 V
	50 Ω	1,84 V	8,24 V	14,18 V	24,66 V	30,20 V	28,89 V
	100 Ω	3,68 V	16,46 V	28,32 V	49,14 V	59,94 V	56,92 V

FÁNOE (1km, 1 Ω): 114,86 V

4 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	36,86 mV	167,43 mV	295,46 mV	545,94 mV	727,54 mV	777,45 mV
	5 Ω	184,00 mV	835,81 mV	1,47 V	2,72 V	3,63 V	3,88 V
	10 Ω	367,92 mV	1,67 V	2,95 V	5,45 V	7,25 V	7,74 V
	50 Ω	1,84 V	8,35 V	14,72 V	27,15 V	36,04 V	38,24 V
	100 Ω	3,68 V	16,69 V	29,40 V	54,09 V	71,55 V	75,35 V

FÁNOE (1km, 1 Ω): 114,84 V

8 leágazás:

		Hálózat kiterjedése (km)					
		1 km	5km	10 km	25 km	50 km	100 km
Földelési ellenállás (Ω)	1 Ω	36,85 mV	168,88 mV	301,10 mV	573,03 mV	804,26 mV	957,09 mV
	5 Ω	183,97 mV	842,32 mV	1,50 V	2,86 V	4,01 V	4,77 V
	10 Ω	367,86 mV	1,68 V	3,01 V	5,72 V	8,02 V	9,53 V
	50 Ω	1,84 V	8,41 V	15,01 V	28,49 V	39,48 V	47,07 V
	100 Ω	3,68 V	16,82 V	29,96 V	56,77 V	79,10 V	92,77 V

FÁNOE (1km, 1 Ω): 114,83 V

Konklúzió

Zárlat során 1000 Ω ellenállással figyelembe vett embert csatlakoztatva a 1,5 m magasságú és a földön 0,5 m távolságú pontok közé nem befolyásolja jelentősen a potenciál értékét. Az áramkörüi szimulációs szoftverrel a vasbeton oszlop rezisztív modelljén végzett számítások eredményeként az alábbiak állapíthatók meg:

- A mintául szolgáló oszlop betonvasainak nagy együttes keresztmetszete miatt az oszlop minden vizsgált esetben egyenpotenciálúnak tekinthető,

amennyiben a betonvasak több helyen egymással, továbbá a földeléssel össze vannak kötve.

- Az oszlop potenciálját legnagyobb mértékben az oszlop földelése határozza meg. A mérések alapján legnagyobb értékű a fajlagos ellenállása a köves, hegyi talajnak és a homokos talajnak van.
- 20 kV-os hálózaton az oszlop potenciálja 1Ff zárlat esetén 800 V a $10\ \Omega$ földelési ellenállás esetén és közel 1500 V a $18\ \Omega$ földelési ellenállás esetén, ha a hálózat a $100\ \Omega$ nagyfeszültségű ellenálláson keresztül földelt. Hosszú földelés esetén törpefeszültség csak néhány tized Ohm oszlop-földelés esetén valósulhat meg. Még $0,93\ \Omega$ sem elegendő annak törpefeszültségig történő lecsorításához, csupán 84 V érhető el vele.
- A transzformátor teljesítményének növelésével az oszlop potenciálja növekszik. A 40 MVA teljesítményű transzformátor impedanciájának beiktatása a 25 MVA-es helyébe 84,7 V-ra növelte az oszlop potenciálját.

- A vezetékhossz csökkentésével az oszlop potenciálja növekszik. A vezeték impedanciájának 1 km hossza történő beállítása kis mértékben 87,26 V-ra növelte az oszlop potenciálját.
- 20 kV-os hálózaton csak kompenzált hálózat esetén lehet az oszlop potenciálja a várható földelési ellenállások (néhányszor $10\ \Omega$) mellett törpefeszültségű. Kompenzált hálózaton az oszlop földelési ellenállásának 9,3 Ω -ról 18,6 Ω -ra történő növelése 4,44 V-ra emelte az oszlop potenciálját 2,23 V-ról.
- Az oszlopon levő szerelvények potenciálja a beton viszonylag nagy vezetőképessége miatt megegyezik az oszlop potenciáljával. Hibátlan betonvas - földelés kapcsolat esetén a szerelvények egyenpotenciálra hozása és földelése nem befolyásolja a potenciálviszonyokat.
- Ha az oszlop földelése nem érintkezik a betonvasakkal, akkor az oszlop potenciálja közelítőleg megegyezik a hálózati fázisfeszültséggel, azaz kompenzált esetben is életveszélyes mértékű.

- Ha az oszlop földelése nem érintkezik a betonvasakkal, de a földeléssel összekötött egyenpotenciálra hozó alumínium vezeték csatlakozik a szerelvényekhez, akkor az oszlop potenciálja közelítőleg megegyezik a jó betonvassal mért esettel, azaz kompenzált esetben lehet törpefeszültség.

Irodalomjegyzék

- ERŐTERV, Szabadvezetéki oszlopok földelő berendezései
- MSZ 151-1:2000, Erősáramú szabadvezetékek, 1 kV-nál nagyobb névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásai.
- MSZ 4851-2:1990, A földelési ellenállás és a fajlagos talajellenállás mérése.
- TINALab II High Speed Multifunction PC Instrument, User Manual, DesignSoft, Budapest, 2002.

*Perczel Áron**

Csapterlepek vízkibocsátása különböző kifolyás szabályozók alkalmazása esetén

Konzulens: Eördögné Miklós Mária adjunktus

Előszó

Napjainkban a tudomány és a technika fejlődésében a fenntarthatóság nagyon fontos szempont. Nem mindegy, hogy a jövő nemzedékének milyen életkörülményeket biztosítunk, hogy mennyire vagyunk tekintettel a természetes folyamatok egyensúlyára. Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése, a megújuló energiák nagyobb részarányú alkalmazása és az energia megtakarítás mellett a vízkészlettel való megfelelő gazdálkodás is nagyon fontos. A víz nem tekinthető kimeríthetetlen természeti kincsnek, mert a földnek ugyan nagy részét borítja víz, de ennek a készletnek csak 0,3%-a használható ivóvízként. Ezt isszuk, ezzel főzünk, mosakodunk, mosogatunk, többnyire még a WC-t

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Műszaki Tudományi Szekciójában *Elismerő oklevéllel* jutalmazták.

is ezzel öblítjük. A Föld népessége is növekvő tendenciát mutat, így egyre több vízre lesz szükség. Fontos, hogy tudatosan gazdálkodjunk vele.

A szürkevíz és esővíz újrahazsnosításán kívül takarékoskodni lehet úgy is, hogy a felhasznált tiszta ivóvíz mennyiségét csökkentjük akképpen, hogy az igényeket kielégítse, de annál több ne fogyjon, mint amennyire szükség van. A *víztaakarékos perlátorok*, melyek az időegység alatt elfolyó víz mennyiségét szabályozzák, tökéletesen alkalmasak erre a célra. A dolgozatban bemutatásra kerül egy általános összefoglaló víztakarékossági megoldásokról, eszközökről, majd kutatásaink nyomán az alkalmazásuk okozta változásokról.

A sugárszabályozók fajtái és tulajdonságai

A vízadagolók között ugyanolyan nagy különbség van, mint az autók között. A csapok kifolyásánál lévő műanyag- vagy fémszűrők lehetnek teljesen egyszerű kialakításúak (hagyományos sugárrendezők), melyek pusztán a csőhálózatból érkező szennyeződések felfogására alkalmasak. Ezek a csaphoz való rögzítésre szolgáló sárgaré, finommenetes gyűrűből, a működést biztosító

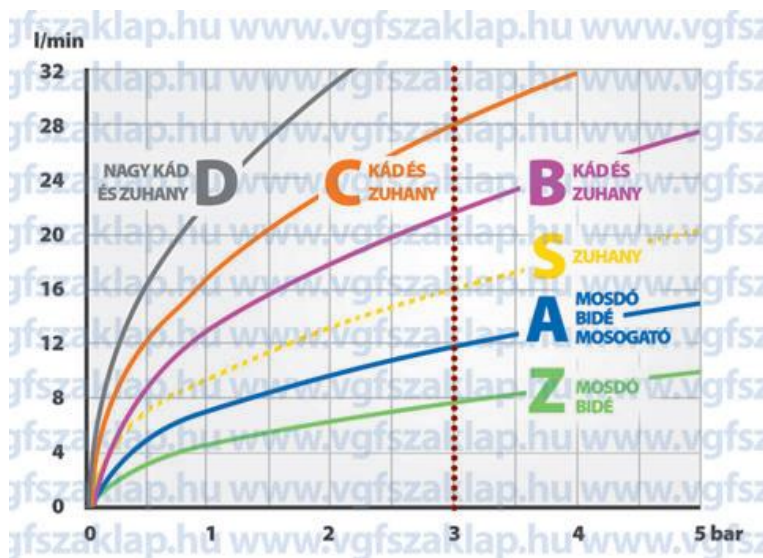
betétből és egy tömítőgyűrűből állnak. A betét tetején lévő szűrő véd a mechanikai szennyeződésektől. Manapság a betétekhez olyan műanyagot használnak, amelyen a vízkő kevésbé tud megtapadni, mint a korábban alkalmazott drótháló korongokon, így ritkábban kell tisztítani.

A következők az átfolyás-korlátozók, melyek olyanok, mintha a fent említett szűrő elé egy néhány ponton átlukasztott gumi vagy fém betétet tennénk. Ezek az eszközök bizonyos felületen elzárják a víz útját, így kevesebb folyik át, és csökken a fogyasztás. Mindezek ellenére sem jelentenek ideális megoldást. Egyrészt mert nem nyomásfüggetlenek, tehát nagyobb víznyomásnál többet engednek át, így a teljesítményük ingadozó. Másrészt a komfortérzet, vagyis a csapokból kifolyó vízsu-gár minősége és egyenletessége is sokkal alacsonyabb.

Vannak további, speciális tulajdonságokkal rendelkező energiatakarékos eszközök is. Ezek a nyomásfüggetlen átfolyás-szabályozók (PCA technológia). Ezek alkalmazása esetén a nyomás egy adott érték felett hiába változik, a kifolyó vízmennyiség változatlan marad. Ezt az eredményt egy, a szabályozóba helyezett

gumi gyűrű segítségével érik el, mely a vízszűgár növekvő nyomásának hatására egyre inkább ellaposodik. Így egyre kisebb szabad helyet ad a víz áramlásának, mely a növekvő nyomást kompenzálva állandón tartja a kifolyó térfogatáramot. Működését nem befolyásolja az esetleg ingadozó vezetéki víznyomás, a közeli csapok túlfogyasztása. A távoli vagy magasan lévő csapok vízellátása is egyenletesebbé válik.

A szűgárrendezők névleges átfolyási teljesítményét 3 bar nyomáson adják meg, és az átfolyási osztályokat betűkkel jelölik. Az 1. ábrán az átfolyási osztály jele mellett fel van tüntetve a jellemző alkalmazási terület is.



1. ábra. Sugárrendezők jelleggörbéi

(Forrás: Piskóty Miklós: Perlátorok és egyéb csodaszerek)

Perlátorok mérése és kiértékelés

Mérés leírása

A Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar laboratóriumában az erre a célra összeállított mérőkörön, egy kád csaptelepen megmértem 6 különböző vízszóró és egy zuhanyfej kifolyási térfogatáramát 0,5–5 bar nyomástartományon (A zuhanyfejen a mérést elvégeztem egy víztakarékos kifolyás-szabályozó csatlakoztatásával is). Egy jól működő csaptelepnél a kifolyó

vízmennyiséget nem befolyásolja, hogy a kar mennyire van a hideg vagy a meleg csatlakozás felé elfordítva. De azért a mérésnél figyelembe vettem, hogy a téli zuhanyzáskor általában jobban elfordítjuk a kart a meleg felé, mint nyáron a hideg felé. Ezért a kart a középső álláshoz képest kicsit a meleg csatlakozó felé fordítottam, és ebben az állásban mértem háromszor.

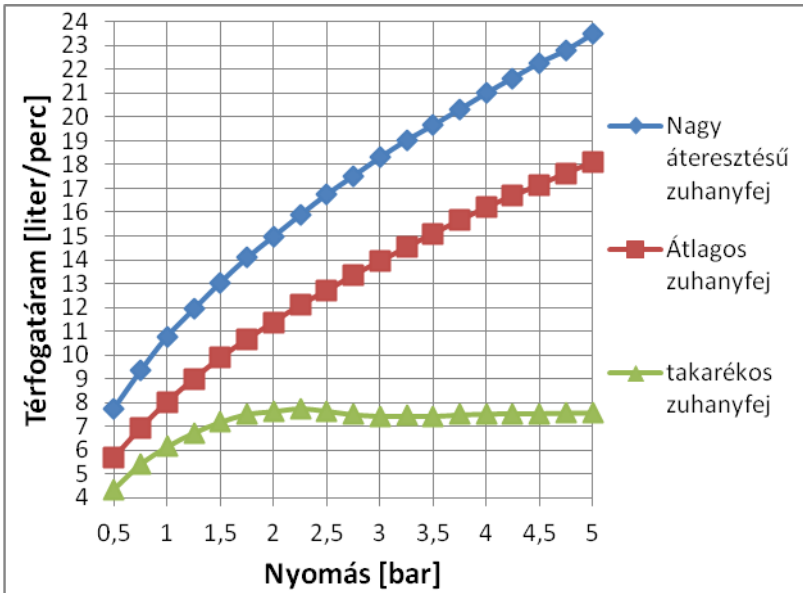
A mérőkör egy szivattyúból, két kádból, két szelepből, egy csaptelepből, egy PLT nyomástávadó nyomásmérőből, egy mérlegből és az áramlási utat kialakító csövekből áll. Az egyik kád a mérlegen áll, melyből a másik, alacsonyabban elhelyezkedő kádba közvetlenül át tudom engedni a vizet. A szivattyú az alsó kádból szívja a vizet, mely a csövön, végül a szelepeken átáramolva ér a csaptelephez és folyik a mérlegen álló kádba. A nyomást a szelepek segítségével változtattam és azoknál mértem.

A mérés úgy történt, hogy a szelepekkel beállítottam a kívánt nyomást. Utána a két kád közötti áramlás útját elzártam. A mérleg számlálóját a stopper indításával egy időben nulláztam, és egy perc eltelte után leolvastam, hány kg víz áramolt ki a csapon. Egy perc alatt háromszor írtam fel nyomás értéket, mert a nyomásmé-

rő másodpercenként többször frissítette a mért értéket, és folyamatosan ingadozott, ezért egy átlagos értéket kellett venni a pontosabb mérés érdekében. Miután le-
telt az egy perc és leolvastam a kiömlött víz tömegét, megnyitottam a két kád között az áramlás útját, hogy
amíg a következő nyomást beállítom, addig záruljon a
kör és ne fogyjon el a víz az alsó kádból. A mérési
eredményeket táblázatba rendeztem és diagramokon
ábrázoltam.

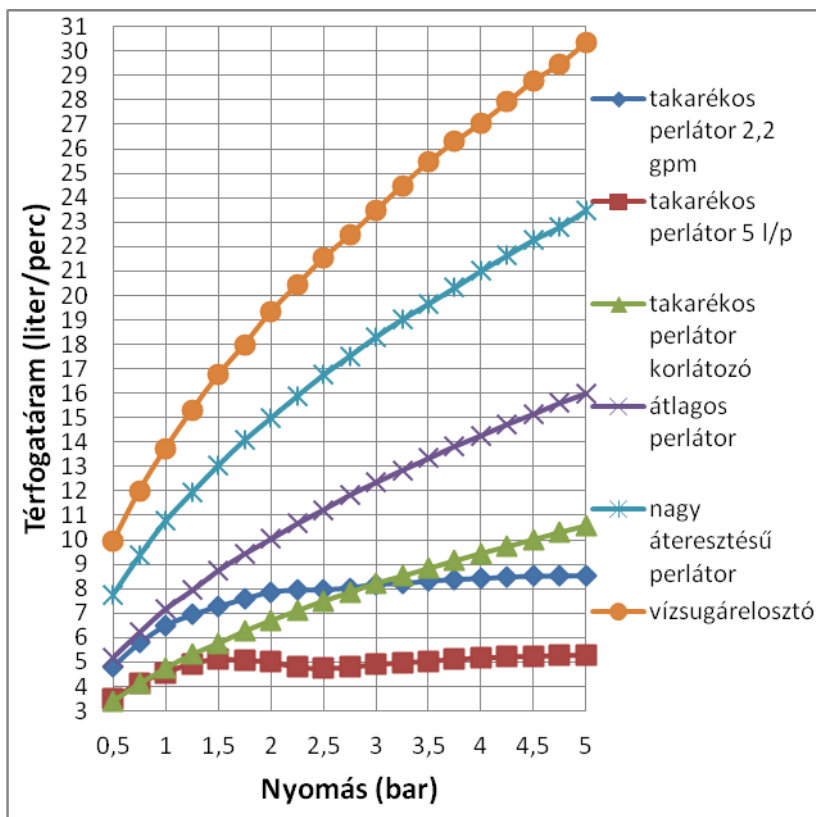
Diagramok

A nagy áteresztésű zuhanyfej adatait egy perlátoron
mértem. Azért használtam fel itt, mert a gyakorlatban
ekkora áteresztés gyakrabban fordul elő zuhanyoknál,
mint csapokon (S-B osztály). Maga a perlátor nem hasz-
nálható zuhanyoknál. A másik két görbe adatait ugyan-
azon zuhanyfejen mértem, csak egyik esetben beépítet-
tem egy takarékos szerelvényt a csaptelep és a gégecső
közé. A 2. ábra jól mutatja, hogy ugyanazon a zuhanyfe-
jen mekkora változás érhető el egy megfelelő szerelvény
alkalmazásával.



2. ábra. Zuhanyfejek mért adatai (forrás: saját mérés).

A 3. ábrán jól látszik, hogy mekkora különbségek lehetnek két sugárszabályozó között. Komfortérzet szempontjából a PCA szabályozók legalább olyan jók, mint a nagyobb áteresztésű korlátozók.



3. ábra. Összehasonlító diagram a perlátorok és a vízszugárelosztó görbéiről (Forrás: saját mérés)

Gyakorlati alkalmazás

Ebben a fejezetben azt vizsgálom meg közelítő számításokkal, hogy egy négyfős háztartásban, különböző perlátorok alkalmazásával adott felhasználói szoká-

sok mellett mekkora eltérések jelentkeznek a vízfelhasználásban. Azokat a tevékenységeket veszem számításba, ahol nem fix vízmennyiséget kell kifolyatni, hanem egyéntől függően változhat a vízfelhasználás ideje. Ez a kézmosás, a folyóvízzel történő mosogatás és a zuhanyzás. Az arcmosástól, borotválkozástól, fogmosástól most eltekintek.

Vízfogyasztási adatok

Általam felvett vízfogyasztási értékek és a mért térfogatáramok alapján kiszámoltam, hogy mennyi az egy főre jutó havi vízhasználat. A következő táblázat ezen adatokat tartalmazza.

Aktivitás	Perlátorok	Havi vízfogyasztás [m ³ /hó (fő)] adott kifolyási nyomáson [bar]		
		1,5 bar	3 bar	4,5 bar
Kézmosás (75 perc/hó,fő)	takarékos perlátor 5 l/p	0,384	0,389	0,396
	takarékos perlátor 2,2 gpm	0,546	0,613	0,639
	takarékos perlátor korlá- tozó	0,433	0,617	0,752

	átlagos perlátor	0,656	0,926	1,136
Aktivitás	Perlátorok	Havi vízfogyasztás [m ³ /hó,(fő)] adott kifolyási nyomáson [bar]		
		1,5 bar	3 bar	4,5 bar
Mosogatás (360 perc/hó)	takarékos perlátor 5 l/p	1,843	1,868	1,901
	takarékos perlátor 2,2 gpm	2,621	2,945	3,067
	takarékos perlátor korlá- tozó	2,077	2,963	3,607
	átlagos perlátor	3,15	4,446	5,454
Zuhanyzás (150 perc/hó,fő)	takarékos zu- hanyfej	1,077	1,115	1,133
	átlagos zuhany- fej	1,482	2,089	2,573
	Nagy átereszté- sű zuhanyfej	1,958	2,745	3,347

*1. táblázat. Átlagos felhasználó havi fogyasztása
(Forrás: saját mérés)*

Táblázat értékelése és szemléltetése diagramon

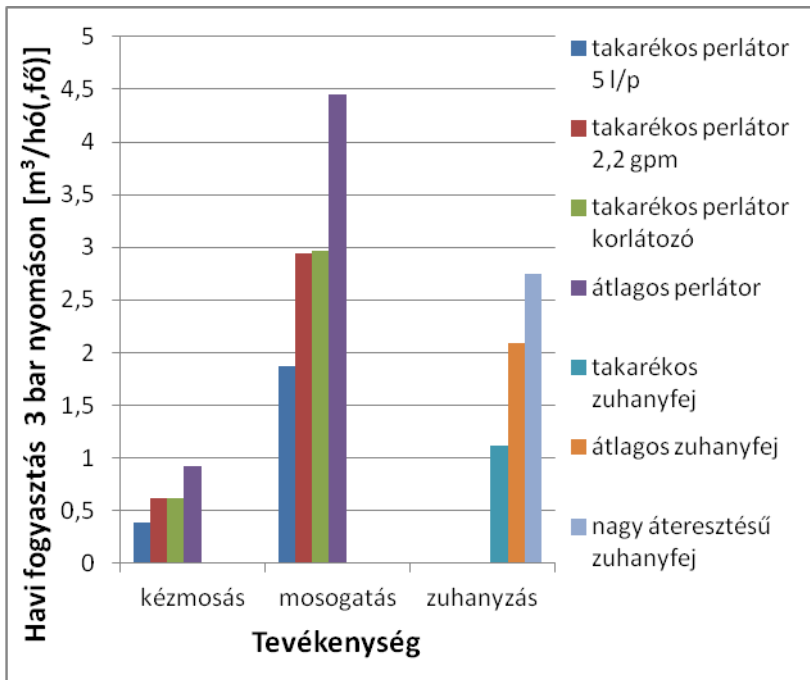
Az 1. táblázat adataiból kiszámítható, hogy ha a csaptelepekre gyárilag leggyakrabban felszerelt „A” osztályú (A táblázatban és a diagramokon „átlagos perlátor”-nak nevezett) perlátorokat 5 liter/perc át-eresztésűre cseréljük, már alacsonyabb nyomáson is 40%-kal csökkenthető a vízhasználat azonos felhasználói szokások mellett. Ha a nyomás felszökik 4– 4,5 bar magasságig, akkor a felhasznált víz 60–65 %-kal csökken. Zuhanyzásnál a vizsgált zuhanyfej esetében 28–55 %-os megtakarítás érhető el a takarékos szerelvény beépítésével, de ha az „S” osztályú kifolyás korlátozó mért adataival is számolunk, akkor ezek az értékek felmennek 55–65%-ra.

Ha a tervezési adatokkal is megvizsgáljuk az esetet, amely tisztálkodásra 80–130 liter/nap, fő, és azt mondjuk, hogy ezt főleg kézmosásra és zuhanyozásra használja el az ember átlagos szerelvényekkel, akkor az előbbi számolások alapján közepes nyomásviszonyok mellett ezek az értékek 48–78 liter/nap, fő-re csökkenthetők. Mindez anélkül, hogy a felhasználás közben bármi változást is érzékelnének. Ez egy négyfős háztartásban

3840–6240 liter megtakarítást jelent egy hónapban, ami jelentős mennyiség. Mivel ennek a nagy része meleg víz, így az előállítási költsége, energia felhasználása is lényegesen csökken.

Emeletes házakban szintenként közel 0,4 barral csökken a nyomás. Mivel a nyomásingadozások a változások mindig a kifolyási nyomásban jelentkeznek, ezért egy 4 emeletes házban, amikor a legfelső emeleten 1,5 bar a kifolyási nyomás, akkor a földszinten 2,7 bar. Ha mindkét szinten végrehajtjuk az „A” osztályú perlátor lecserélését „5 l/p” kialakításúra, akkor ez a legfelső szinten 42% megtakarítást jelent az adott csapolón, amíg a földszinten, ugyanabban az időben, azonos vízhasználat mellett 59% a csökkenés mértéke. Tehát emeletes házak alsó szintjein különösen nagy jelentőséggel bír az, hogy a csapolónak mennyi a vízátbocsátása.

Azért, hogy a különbségek láthatóbbak legyenek, nézzük meg az adatokat diagramon ábrázolva. A 3. ábra diagramja az 1. táblázat adatait ábrázolja.



4. ábra. Vízfogyasztás különböző perlátorokkal 3 baron.

Azért választottam a 3 bar nyomást, mert ez az, amit a szolgáltatóknak illik tartaniuk. A sötétkék és a lila, valamint a világoskék és a narancssárga oszlopok összevetésekor láthatóvá válnak az említett százalékos különbségek.

Havi megtakarítás egy négy fős családban

Számítás

Aktivitás	Perlátorok	Havi vízfogyasztás [m ³ /hó(,fő)] adott kifolyási nyomáson [bar]		
		1,5 bar	3 bar	4,5 bar
Kézmosás (75 perc/hó,fő)	takarékos perlátor 5 l/p	0,384	0,389	0,396
	átlagos perlátor	0,656	0,926	1,136
Mosogatás (360 perc/hó)	takarékos perlátor 5 l/p	1,843	1,868	1,901
	átlagos perlátor	3,15	4,446	5,454
Zuhanyzás (150 perc/hó,fő)	takarékos zu- hanyfej	1,077	1,115	1,133
	átlagos zuhany- fej	1,482	2,089	2,572

2. táblázat. A számításhoz szükséges adatok

Megjegyzés: Úgy számolok, hogy a család mind a négy tagját az általam felvett értékek szerint átlagos felhasználónak tekintem, és a zuhanyzásnál csak az átlagos és a takarékos zuhanyfejet veszem.

Hogy a számított adataimból $\text{m}^3/\text{év}$, 4 fő dimenziójú mennyiség legyen, a következőképpen kell eljárni: Éves fogyasztás 4 főre: A táblázat adatai $[\text{m}^3/\text{hó}(\text{fő})] \cdot (4 \text{ fő}) \cdot 12$.¹

A következő táblázatok az eredményeket tartalmazzák a 2. táblázat adatai és az előbb felírt összefüggés alapján:

Aktivitás	Éves vízfogyasztás $[\text{m}^3/\text{év}(4\text{fő})]$ adott kifolyási nyomáson [bar]		
	1,5 bar	3 bar	4,5 bar
Kézmosás	31,5	44,46	54,54
Mosogatás	37,8	53,352	65,448
Zuhanyozás	71,136	100,296	123,48
összes	140,436	198,108	243,468

2. táblázat. 4 fő's háztartás éves fogyasztása (technikai vízhasználat² nélkül) átlagos eszközökkel
(Forrás: saját mérés)

¹ A 4 fő azért van zárójelben, mert a mosogatásnál eltekintünk tőlük.

² Technikai vízhasználat: mosogatógép, mosógép által elhasznált víz, takarítás, virágöntözés stb., ahol időtől függetlenül konkrét mennyiséget folytatunk ki.

Aktivitás	Éves vízfogyasztás [$\text{m}^3/\text{év}(4\text{fő})$] adott kifolyási nyomáson [bar]		
	1,5 bar	3 bar	4,5 bar
Kézmosás	18,432	18,684	19,008
Mosogatás	22,1184	22,4208	22,8096
Zuhanyozás	51,696	53,496	54,36
összes	92,2464	94,6008	96,1776

*4. táblázat. 4 fős háztartás éves fogyasztása (technikai vízhasználat nélkül) takarékos eszközökkel.
(Forrás: saját mérés)*

A 4 bar körüli kifolyási nyomás értéket leginkább magasházak alsó szintjein érdemes figyelembe venni. Ha az éves átlag kifolyási nyomást 3 bar értékre vesszük (ami reális), akkor azt kapjuk, hogy a vizsgált család éves vízhasználat a perlátorokkal szabályozható vízvételi pontokon átlagos szerelvényekkel 198 [$\text{m}^3/\text{év}, 4\text{fő}$]. Ha úgy vesszük, hogy ez az érték az összes fogyasztás 70%-a és a technikai vízhasználat 30% (tapasztalatok alapján), akkor az éves bruttó vízhasználatra 283 [$\text{m}^3/\text{év}, 4\text{fő}$] adódik, a technikai vízhasználatra pedig 85 [$\text{m}^3/\text{év}, 4\text{fő}$]. A takarékos eszközökkel 198 [$\text{m}^3/\text{év}, 4\text{fő}$]-ról 95 [$\text{m}^3/\text{év}, 4\text{fő}$]-re

csökken a perlátorokkal befolyásolható fogyasztás, a technikai pedig marad $85 \text{ [m}^3/\text{év,4fő}]$. Az összes megtakarítás számítása:

A megtakarított mennyiség: $283-180=103 \text{ [m}^3/\text{év,4fő}]$. Az összes megtakarítás %-ban: $103/283*100=36,4\%$.

Kiértékelés

Az összes megtakarításnak tapasztalat szerint 30% körül kell lennie. Ebből látható, hogy az általam átlagosnak felvett értékek egy átlagon felüli felhasználói szokásra vagy nagyobb létszámú háztartásra vonatkoznak.

Összegzés

A víztakarékosság nagyon fontos feladat mind ránk, mind a jövő nemzedékre való tekintettel. Ennek elég egyszerű megoldása a megfelelő kifolyásszabályozók alkalmazása. A méréseimből kiderült, hogy egy már teljesen kiépített vízhálózatban is egyszerűen, nagy mértékben lehet csökkenteni a

vízfelhasználást anélkül, hogy a szokásainkon bármit is változtatni kellene. A meleg víz fogyasztás csökkentésével az annak előállítására fordított energiát is megspóroljuk, ami a környezetvédelem és a számlák szempontjából sem elhanyagolható. Emeletes házakban szintenként különböző a megtakarítás mértéke ugyanazon eszközök alkalmazásával és ugyanazon felhasználói szokások mellett.

Irodalomjegyzék:

- Palásti Andrea: Víztakarékoság felsőfokon. *Víz-, Gáz-, Fűtéstechika Épületgépészeti szaklap*, 2012. 06. Elérhetőség: <http://www.vgfszaklap.hu/cikkek.php?id=2613> [2013.03.06]
- Piskóty Miklós: Perlátorok és egyéb csodaszerek. *Víz-, Gáz-, Fűtéstechika Épületgépészeti szaklap*, 2012. 01-02. Elérhetőség: http://okoenergia.hu/wp-content/uploads/VGF-2012-01-02-18-21-oldal_opt.pdf [2013.03.06]
<http://www.neoperl.net>

Várdai Attila*

Keretszerkezetek méretezése

Konzulens: dr. Meskó András főiskolai docens

A keretek a mérnöki gyakorlat általánosan megjelenő szerkezettypusa. Méretezésükre több évtized alatt számtalan közelítő módszer alakult ki,¹ amelyek az egyes anyagok specifikus tulajdonságait változó pontossággal veszik figyelembe.

A TDK dolgozat keretében síkbeli keretszerkezetek statikai vizsgálatára parametrizált méretezési programcsomagot készítettem, mellyel vasbeton keretek nemlineáris elmélettel történő részletes vizsgálatát végeztem el. A hatályos szabvány szerinti nemlineáris vizsgálati lehetőségekről Bocskai Péter² és Péter Frost³ munkái tájékoztatnak.

* A bemutatott pályamunkát a XXXI. (2013. április) OTDK Műszaki Tudományi Szekciójában II. díjjal jutalmazták.

¹ Palotás László: *Mérnöki kézikönyv. 3. kötet.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1959.

² Bocskai Zoltán: Az Eurocode 2 általános oszlopméretezési módszerének alkalmazása. *Vasbetonépítés*, 2011. 4. 104-113. p.

³ Frost, Peter: *Second order effects in RC columns: comparative analysis of design approaches.* Faculty of Engineering and Architecture - Department of Structural Engineering - Universiteit Gent, 2011.

A gyakorlati felhasználhatóságra koncentrálva egy fiktív csarnok általános keretállását vettem figyelembe, és a hatályos EUROCODE szabványok szerinti teherfelvételt⁴ is automatizáltam. A következőkben a számítás során alkalmazott feltevéseket és a kapott eredményeket kívánom bemutatni, kitérve az eltérésekre az általánosan alkalmazott elsőrendű számítási eredményekhez képest.

Számítási feltevések, elméletek

A számítás során (a népszerű végeselemes szoftverek által is használt) *mátrix-elmozdulás módszer* került alkalmazásra.⁵ Az elsőrendű eredményeket a hazai gyakorlatban népszerű AXIS VM 11 nevű végeselemes szoftverrel verifikáltam, ezzel igazolva a megírt algoritmus hibamentességét.

A számítások kiindulási alapját a hajlítómerevség értéke képezi, $\mathbf{B}=\mathbf{E}\times\mathbf{I}$, ahol $\mathbf{E}$ a rugalmassági modulus, $\mathbf{I}$

⁴ Várdai, Attila: Calculation of Bridge Structure according to Different Norms (EC2 and MSZ). *Acta Technica Jaurinesis*, 2011. 4. 499–506. p.; Gáspár Zsolt: *Tartók statikája III. Rúdstruktúrák*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.

⁵ Szabó János: *Rúdstruktúrák elmélete és számítása*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.; Gáspár: i. m.

pedig a tehetetlenségi nyomaték értéke.⁶ A szerkezetek alakváltozása és statikailag határozatlan szerkezetek igénybevétel-eloszlása a szerkezeti elemek hajlító-merevségének függvénye, ezért ez utóbbi szerepe kiemelt.

Vasbeton szerkezetek esetében köztudott, hogy a merevség tényleges értéke nem állandó,⁷ így a képlet alakja módosul: $\mathbf{B}_{eff} = \mathbf{E}_{e,eff} \times \mathbf{I}_{eff}$. Ezt a tényleges értéket közelítőleg az EC2 *névleges merevségek módszerével* határozta meg.

A rugalmassági modulus a tartós terhelés arányban (p_{qp}/p_{Ed}), a kúszási tényező (ϕ_{eff}) értékével módosítandó (ennek számítása összetett: a tényleges környezettől, anyagminőségtől, geometriától és a kezdeti terheléstől függ). Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy minden teherkombinációban (a változó tartós teherrész miatt) más $\mathbf{E}_{e,eff}$ értékkel kell a tartót vizsgálnunk, és így kvázi állandó terhekre a kiindulási érték ($\mathbf{E}_{cm}$) körülbelül mindössze harmadával számolhatunk.

⁶ Palotás: i. m.

⁷ Szalai Kálmán: *Vasbetonszerkezetek*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Ezen felül a rugalmassági modulus értéke közvetve az effektív inerciára is hatással van, ugyanis az alkalmazott acélbetétek a beton és acél rugalmassági modulusának arányában ($\alpha = E_s / E_{c,eff}$) kerülnek figyelembe vételre a homogenizált keresztmetszet számítása során. Tehát tartós terhekre a betonacélok (és feszítőpázmák) szerepe megnő az összmerevségben.

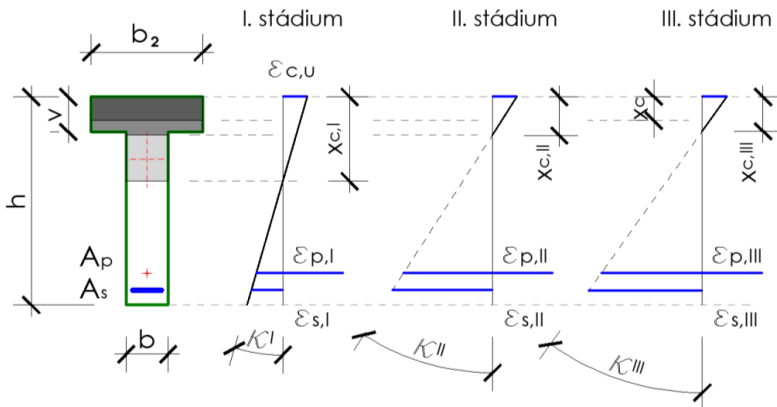
A beton a terhelésből származó igénybevételek hatására (illetve kinematikai terhekre) a húzószilárdságot meghaladó érték felett megreped, ún. második feszültségi állapotba kerül ($I_c = I^I$). Az anyagi folytonosság szakaszos hiánya a lineáris elmélet alapfeltevéseivel nem összeegyeztethető, így annak alkalmazása pontatlan eredményre vezet. Minél repedezettebb a tartó, annál kevésbé viselkedik az elsőrendű elmélet elvárásai szerint.

A vasbeton szilárdságtan elméleti alapjairól Antal, Bölcskei, Kaliszky, Mosely és Koris művei adnak részletes leírást.⁸ Az EC2 szerinti alkalmazáshoz Deák György

⁸ Antal Ákos: Tartószerkezetek I.- Vasbetonszerkezetek. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.; Bölcskei Elemér: Vasbeton szerkezetek, feszített tartók. Tankönyvkiadó, Budapest, 1970.; Kaliszky Sándor: Vasbeton lemezek méretezése a képlékenységtan szerint. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967.; Mosley, Bill: Reinforced concrete design

könyve,⁹ az MMK kiadványa,¹⁰ és Farkas György segédlete¹¹ ajánlható.

A terhelés intenzitásának növelésével a repedések megnyílnak, a keresztmetszet semleges tengelye eltolódik (1. ábra) és az egyre nagyobb húzott betonrész kapcsolódik a teherviselésből (mindössze annak merevítő hatásával számolunk).



1. ábra. A vasbeton feszültségi állapotai

to Eurocode 2. Palgrave Macmillan, Basingstoke, 2007.; Koris Kálmán: Előfeszített vasbeton tartó számítása az Eurocode szerint. Egyetemi segédlet-BME, Budapest, 2009

⁹ Deák György: *Vasbeton szerkezetek- Tervezés az Eurocode alapján*. Artifex Kiadó Kft., Budapest, 2011.

¹⁰ Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata- Magasépítési Bizottság: *Magasépítési létesítmények ellenőrző erőtanai számítása az MSZ EN szerint I.- II.* PI Innovációs Kft., Budapest, 2010.

¹¹ Farkas György: *Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján- közúti hidak és épületek*. TERC Kft., Budapest, 2008.

Ez a folyamat az inercia csökkentésével vehető figyelembe a számítás során. Az EC2 általános esetben egy ' ζ '- tényezőt alkalmaz, mellyel a tényleges igénybevételi szint függvényében interpolál a repedésmentes (I. feszültségi állapot) és berepedt (II. feszültségi állapot) keresztmetszet tulajdonságai között.

Ez a folyamat az inercia csökkentésével vehető figyelembe a számítás során. Az EC2 általános esetben egy ' ζ '- tényezőt alkalmaz, mellyel a tényleges igénybevételi szint függvényében interpolál a repedésmentes (I. feszültségi állapot) és berepedt (II. feszültségi állapot) keresztmetszet tulajdonságai között.

A keretgerenda vizsgálata során a dolgozatban a fent ismertetett, ún. *általánosított névleges merevségek módszerét* alkalmaztam.

A keretoszlopok névleges merevségét azonban (a parametrizálás számítástechnikai nehézségei miatt az eredmény megbízhatósága végett) az EC2 által felkínált *közelítő módszerrel* számoltam. A vizsgálatok során megállapítottam, hogy ez a közelítés a másodrendű hatások komplex vizsgálatához túlzott egyszerűsítést jelent, és az alkalmazandó képletsorok kis nyomóerővel terhelt

oszlopok esetén komolyabb eltérést eredményezhetnek egy pontosabb analízis eredményéhez képest.

A feladat megoldása során a keretszerkezetet rész-elemekre (oszlopok és gerendák) bontottam fel, majd az egyes elemeket 10-10 egységre osztottam. Ez a felosztás az általános gyakorlati esetekre nézve kellően sűrűnek tekinthető.

Ezekre a részegységekre először a vasalás és terhelés miatti merevségcsökkenés elhanyagolásával (elsőrendű módszer) meghatároztam az igénybevételeket, majd ennek figyelembe vételével vasalást helyeztem a részelemekbe. A vasalás segítségével az effektív keresztmetszeti jellemzők kiszámításra kerültek, és azok alkották a nemlineáris vizsgálat kiindulási paramétereit. A nemlineáris számítás során az MS Excel beépített iterációs algoritmusát használtam fel.

Megjegyzendő, hogy a nemlineáris módszerek alkalmazásakor több, az általános műszaki gyakorlatban megszokott egyszerűsítő feltevés nem alkalmazható. Ilyen például az addíció tétele, azaz az egyes teheresetekben meghatározott igénybevételek összegzésével nem

számítható a tehereseteket tartalmazó teherkombináció hatása. (Egyéb kikötések Nawy könyvében találhatók.)¹²

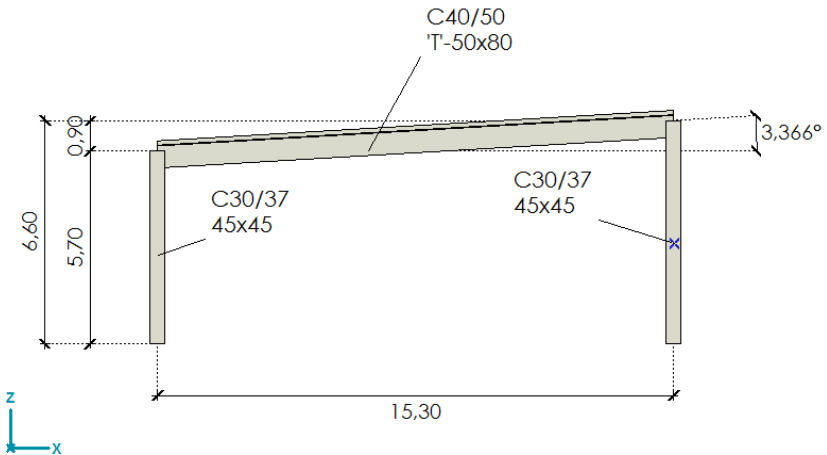
Az ilyen és ehhez hasonló kritériumok nagyobb szakmai felkészültséget igényelnek, és a nemlineáris módszerek alkalmazóitól többletmunkát kívánnak meg. Ennek ellenére a másodrendű módszerek használata a vasbeton méretezésekor szükségszerű, a valós folyamatok csak így modellezhetőek kielégítő pontossággal.¹³

Számítási eredmények

A dolgozatban egy Gödöllő területén ténylegesen megépülő csarnok szerkezetét vizsgáltam a programmal. A csarnok kereszt főtartós kialakítással készül a 2. ábra szerinti keretállás elrendezéssel és anyagminőségekkel.

¹² Nawy, Edward.: *Concrete Construction Engineering Handbook*. CRC Press, Boca Raton, 2008.

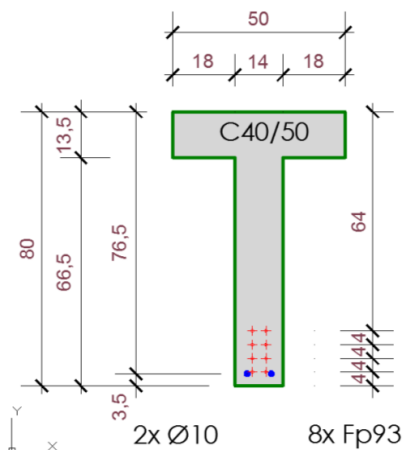
¹³ Kamanli Michael: Predicting the flexural behavior of reinforced concrete and lightweight concrete beams by ANN. *Indian Journal of Engineering & Materials Science* 2012. 19. 87–94. p.



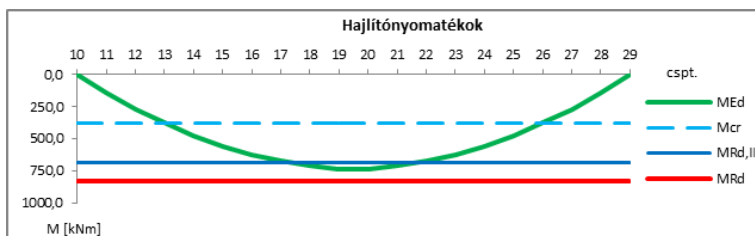
2. ábra. Csarnok keretállásának vázlat (AXIS VM 11)

A keretgerenda statikailag határozott, kéttámaszú tartó. Kialakítása T keresztmetszetű feszített gerenda, a 3. ábra szerinti geometriával és armatúrával.

Mértékadó teherkombinációban (Tk_1 -el jelölve, kiemelt totál hóterhet figyelembe véve - M_{Ed}) a 4. ábrán ábrázoltam a hajlítónyomatékokat, feltüntetve az egyes stádiumok határnyomatékait is (M_{cr} - repesztő nyomaték, I. feszültségi állapot határa, $M_{Rd,II}$ - II. feszültségi állapot határa, M_{Rd} - a keresztmetszet határnyomatéka).

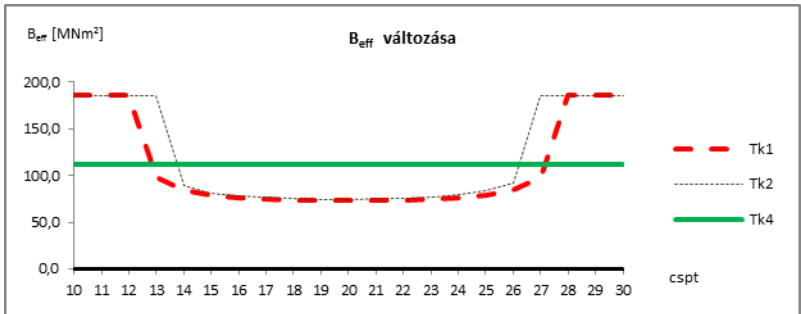


3. ábra. Gerenda keresztmetszete



4. ábra. Hajlítónyomatékok

Látható, a tartó középső szakaszán az igénybevétel meghaladja a repesztő nyomatékot, tehát a repedések hatására itt csökken a tartó merevsége, amit az 5. ábra mutat.



5. ábra. Az effektív merevség változása

A teherbírási határállapotokban (ULS- Tk_1 és Tk_2) a mezőben jelentős a merevségcsökkenés, azonban kvázi állandó teherszinten (SLS- Tk_4) repedésmentes a tartó, tehát merevsége nem csökken.

Érdekes megfigyelnünk, hogy (az egyes teherkombinációkban eltérő tartós teherhányad miatt különböző értékkel figyelembe vett rugalmassági modulus hatására) a merevség kiindulási értéke is eltérő az egyes esetekben.

Egyre inkább jellemző tendencia a karcsúbb tartószerkezetek alkalmazása és minél nagyobb fesztávok lefedése.

Ez a használhatósági határállapotokat (SLS) helyezi előtérbe, így a lehajlás korlátok betartását a korábbi gyakorlatnál szigorúbban kell értelmezni.¹⁴

Az alakváltozások vizsgálatához egy alternatív lágyvasalású tartót is megvizsgáltam összehasonlításként. A geometria egyező, törekedtem arra, hogy a tartó határnyomatéka egyezzen a vizsgált feszített gerendáéval. Ezzel a kikötéssel (több sorban $2 \times 2\phi 25 + 2\phi 22$ hosszvassal) 2724 mm^2 keresztmetszeti területi lágyvasat helyeztem el, ami a feszített gerenda ($2\phi 10 = 157 \text{ mm}^2 + 8 \times F_{p93} = 744 \text{ mm}^2$) $\sim 901 \text{ mm}^2$ -es vasmennyiségének háromszorosa (a feszítőpászma és a betonacél folyási szilárdságának arányából egyenesen következően).

Míg mértékadó ULS kombinációban a feszített tartó repesztő nyomatéka (a feszítés miatti saját feszültségi állapot hatására) $M_{cr}^{pr} = 376,0 \text{ kNm}$, addig a lágyvasalású tartóé $M_{cr}^{lgy} = 117,5 \text{ kNm}$. Ebből következik, hogy a lágyvasalású tartó berepedése sokkal kisebb teherszinten

¹⁴ Fantilli, Pietro -: Flexural deformability of reinforced concrete beams. *Journal of Structural Engineering* 1998. 9. 1041–1049. p.; Deák György: Használati követelmények, használati biztonság. In: Balázs L. Gy., dr.–Kovács B. (szerk.): „Tartók 2000” VI. magyar tartószerkezeti konferencia. 2000. május 25–26.

megkezdődik, ahogy az is (mivel határnyomatékuk egyező), hogy a lágyvasalású tartó nagyobb képlékeny tartománnyal rendelkezik, viselkedése kevésbé rideg.¹⁵ Többek közt emiatt szükséges a feszített tartók feszítési hányadának (kötelezően alkalmazandó minimális kiegészítő lágyvasalásának) beállítása.

Azonban használati körülmények között a feszítéssel elérhető, hogy a terhelés még ne repessze meg a tartót (annak merevségcsökkenése még ne kezdődjön meg), ezzel az alakváltozásokkal és repedési korlátokkal szembeni követelmények könnyebben teljesíthetők.¹⁶ A lehajlások vizsgálatakor ráadásul még a feszítés miatti kezdeti felhajlás is kedvező hatású.

A névleges merevségek figyelembe vételével az egyes kombinációkban számított lehajlások tényleges értéket jelentenek, nem szükséges azok utólagos korrigálása, amit elsőrendű elmélettel (a vasalás és repedezettség elhanyagolásával) számolva még meg kell tennünk.

¹⁵ Gilyén Jenő, dr.: Tapasztalatok és ajánlások tartószerkezetek tervezőinek és építőinek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1998.

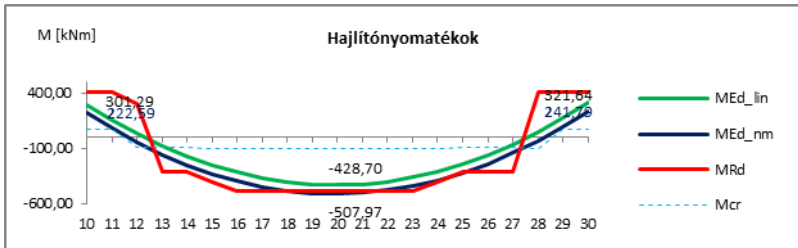
¹⁶ Massányi Tibor, dr.: *Statikusok könyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

Befogott keretsarok vizsgálata

A névleges merevségek felhasználásának valódi előnye azonban statikailag határozatlan szerkezeteken mutatkozik, ahol a tényleges merevségek az igénybevétel eloszlást is befolyásolják. Ennek vizsgálatához módosítottam a statikai vázat és befogottá tettem a keretsarkot (megtartva az eredeti geometriát). Az így kialakuló igénybevételekre méretezett vasalást helyeztem el az egyes keresztmetszetekben, majd ennek figyelembe vételével nemlineáris vizsgálatot végeztem.

Az oszlopokba 3-3 ϕ 25-ös (szimmetrikusan elhelyezett) hosszvasat helyeztem el, ami megegyezik a keretgerenda felső vasalatával is a sarkokban. A gerenda alsó vasalata 2 ϕ 25-ös hosszbetét, a mezőben 1-1 szál (eltolt elhelyezésű) ϕ 20-as pótvassal kiegészítve.

A fenti beállításokkal (mely a mértékadó lineáris igénybevételekre megfelelő határnyomatékokat biztosít) a 6. ábra szerinti nyomaték-eloszlást kaptam.



6. ábra. Sarokmerev keret igénybevétel-eloszlása

Látható, a névleges merevségekkel meghatározva a nyomatékok jobban a mezőbe koncentrálnak $(507,97/428,70=1,18)$. A keretsarok berepedése miatt csökken annak merevsége, és kevesebb igénybevétel jut rá $(222,59/301,29=0,74)$, így az oszlopokat is kisebb nyomaték terheli. Ezzel szemben látható az is, hogy a mezőben a nemlineáris igénybevételek túllépik a határnyomatéki görbét, tehát a mezőben extra vasalás szükséges. A lineáris méretezés a mező terhelését a biztonság kárára számította.

Amennyiben a sarok vasalatát (a csekélyebb igénybevétel miatt) csökkentjük, úgy természetesen a nyomaték mezőbe koncentrációja még erőteljesebb lesz.

A fentiek alapján belátható, hogy a szerkezet tényleges viselkedésének megismeréséhez szükséges az összetettebb elméletek alkalmazása.

Összefoglalás

A dolgozatban bemutatott eljárás és annak alkalmazására írt program alkalmas a vasbeton keretek méretezésének pontosabb elvégzésére.

A dolgozatban bemutatott folyamatok a vasbetonnal foglalkozó szakemberek körében közismertek,¹⁷ ám a számszakilag korrekt figyelembe vételre eddig elsősorban táblázatos közelítések, korrekciós tényezők voltak használatosak. Ezek jóval kevésbé érzékenyek a tényleges terheltségre és valós szerkezeti jellemzőkre, mint a dolgozat bemutatott eljárása.

A pontosabb eredmény mellett kiemelendő, hogy az ismertetett módszer a népszerű végeselemes progra-

¹⁷ Polgár László: Tartószerkezet tervezés tegnap, ma, holnap. In.: Balázs L. Gy. dr.–Kovács B. dr. (szerk.): „Tartók 2000” VI. magyar tartószerkezeti konferencia. 2000 május 25.–26.

mokba könnyen integrálható, így jövőbeni felhasználhatósága széleskörű lehet.

A módszer használható minden kompozit szerkezet modellezése során is (ameddig a nyírási deformációk elhanyagolhatóak), ezzel lehetővé válhat öszvérszerkezetek (acél-beton, különböző időben betonozott vasbeton szerkezetek, fa-beton, stb.) pontosabb számítása. A minél részletesebb megismerés pedig gazdaságosabbá teheti a tartószerkezetek kialakítását.

A jelenlegi gazdasági helyzetben tendencia a zöldmezős beruházások visszaszorulása és ezzel arányosan növekszik a meglévő szerkezetek átalakítási igénye. Ez gyakran vonzza magával a különböző szerkezetek együttműködésén alapuló megerősítéseket (például acéllemezek, vagy szénszálas lamellák vasbeton szerkezetekhez rögzítése, illetve acél- illetve vasbeton köpenyezések kialakítása). Ezek a tartószerkezeti átalakítások szintén igénylik a pontosabb analízist, melynek egy eszköze lehet a dolgozatban ismertetett eljárás.

A felsoroltakon túl a módszer szemléletessége miatt az egyetemi oktatásban is jól használható. A folyamatok

számszerűsítése és az összehasonlítások készítésének gyors lehetősége segíti a megértést.

Tervezem a módszer további kutatását. Jelenleg előregyártott, feszített födémpanelek utólagos monolit felbetonnal történő többtámaszúsítását és a terhelés hatására történő képlékeny igénybevétel-átrendeződését vizsgálom.¹⁸

Irodalomjegyzék

Antal Ákos: *Tartószerkezetek I.- Vasbetonszerkezetek*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.

Bocskai Zoltán: Az Eurocode 2 általános oszlopméretezési módszerének alkalmazása. *Vasbetonépítés*, 2011. 4. 104–113. p.

Bölcskei Elemér, dr.: *Vasbeton szerkezetek, feszített tartók*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1970.

Deák György : *Terhek és hatások- Tervezés az Eurocode alapján*. Springer Media Magyarország Kft., Budapest, 2006.

¹⁸ A bemutatott módszerrel készített alkalmazások a jövőben hozzáférhetőek lesznek a <http://www.exlln.hu> weboldalon.

- Deák György: *Vasbeton szerkezetek- Tervezés az Eurocode alapján*. Artifex Kiadó Kft., Budapest, 2011.
- Deák György: Használati követelmények, használati biztonság. In: Balázs L. Gy., dr.–Kovács B. (szerk.): „*Tartók 2000*” VI. magyar tartószerkezeti konferencia. 2000. május 25-26.
- Dulácska Endre, dr.: *Tartószerkezetek tervezése földrengési hatásokra*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2008.
- Fantilli, Pietro: Flexural deformability of reinforced concrete beams. *Journal of Structural Engineering* 1998. 9. 1041–1049. p.
- Farkas György: *Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján- közúti hidak és épületek*. TERC Kft., Budapest, 2008.
- Frost, Peter: *Second order effects in RC columns: comparative analysis of design approaches*. Faculty of Engineering and Architecture - Department of Structural Engineering - Universiteit Gent, 2011.
- Gáspár Zsolt: *Tartók statikája III.- Rúdszerkezetek*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.
- Gilyén Jenő, dr.: *Tapasztalatok és ajánlások tartószerkezetek tervezőinek és építőinek*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1998.
- Halász Ottó, dr.: *Acélszerkezetek*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

- Kamanli Michael: Predicting the flexural behavior of reinforced concrete and lightweight concrete beams by ANN. *Indian Journal of Engineering & Materials Science* 2012. 19. 87–94. p.
- Kaliszky Sándor, dr.: *Vasbeton lemezek méretezése a képlékenységtan szerint*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967.
- Koris Kálmán: *Előfeszített vasbeton tartó számítása az Eurocode szerint*. Egyetemi segédlet-BME, Budapest, 2009
<http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEEOHSSI04/feszger.pdf> (2012.11.04)
- Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata- Magasépítési Bizottság: *Magasépítési létesítmények ellenőrző erőtan számítása az MSZ EN szerint I.- II.* PI Innovációs Kft., Budapest, 2010.
- Massányi Tibor, dr.: *Statikusok könyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- Mosley, Bill: *Reinforced concrete design to Eurocode 2*. Palgrave Macmillan, Basingstoke, 2007.
- Nawy, Edward.: *Concrete Construction Engineering Handbook*. CRC Press, Boca Raton, 2008.
- Palotás László, dr.: *Keretszerkezetek elmélete és számítása*. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Könyv- és folyóiratkiadó Vállalat, Budapest, 1951.

Palotás László, dr.: *Mérnöki kézikönyv- 3. kötet*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1959.

Polgár László: Tartószerkezet tervezés tegnap, ma, holnap.
In: dr. Balázs L. Gy., dr. Kovács B. (szerk.): „*Tartók 2000*” VI. magyar tartószerkezeti konferencia. 2000. május 25–26.

Szabó János, dr.: *Rúdszerkezetek elmélete és számítása*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.

Szalai Kálmán: *Vasbetonszerkezetek*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Várdai, Attila: Calculation of Bridge Structure according to Different Norms (EC2 and MSZ). *Acta Technica Jaurinesis* 2011. 4. 499–506. p.