

# METRÓ és hőérzet

DR. ERDŐSI ISTVÁN (BME I. Épületgépészeti Tanszék)

Az elmúlt években a Tanszék foglalkozott földalatti terek komplex vizsgálatával, ami kiterjedt a szellőztetett földalatti tér hőtechnikájára és az ott tartózkodók hőérzetére is. Külön vizsgáltuk feltételezett havária esetét is.

A METRO, mint földalatti tér, a budapestiek mindennapi életének részévé vált. A METRÓ-ban végzett mérések lehetőséget adnak arra, hogy a sok mérési adat közül reprezentatív számút felhasználva, információt kapjunk a METRÓ-t használók hőérzetéről.

Az utasok tartózkodását a metróban két részre lehet bontani — tartózkodás az állomáson (bep lépés, várakozás, kilépés 1...4 min) és utazás a metrókocsiban (átlagosan 18,5 min).

A hőérzet alakulását pl. két szempontból lehet megközelíteni.

Az egyik a hőérzetet befolyásoló átlagos paraméterekből indul ki. A másik alapja: részletesebben megvizsgáljuk az egyes tartózkodási helyeke és a hozzátartozó részidőket.

Az első szempontot a következő megfontolások indokolhatják:

- A metró tömegközlekedési eszköz, amelyet naponta több százezer ember vesz igénybe. Az utasok összetétele mind a korosztály, mind a foglalkozás stb. szempontjából rendkívül vegyes.
- Ha egy komfortparaméter középértéke megfelelően hosszú időintervallumban közel állandónak vehető, a klímaviszonyok kvázi-stacionáriusnak (quasi steady-state) tekinthetők, és a Fanger-féle komfortegyenletek használhatók.

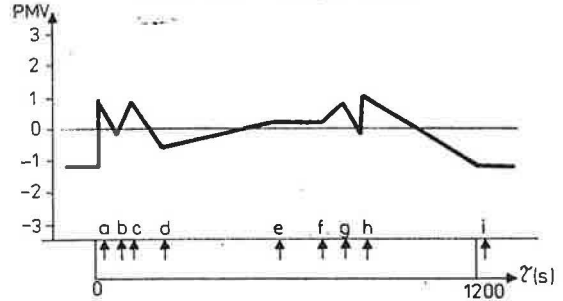
A második szempont — a rendszer részrebontása — lehetővé teszi azoknak a helyzeteknek a felderítését, amelyekben a beavatkozáskor a legkisebb ráfordítással a legjobb hatékonyságnövelés érhető el.

## 1. táblázat

### Tartózkodási idők a metróállomáson

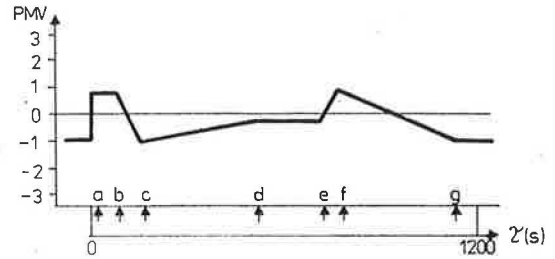
Idő	Belépés (ajtótól mozgólépcsőig)	Mozgólépcsőn lefelé	Sétálás mozgólépcsőtől a peronig	Várakozás (áll, sétál, ül)	Kilépés kocsiból mozgólépcsőig	Mozgólépcsőn fölfelé	Kilépés mozgólépcsőtől ajtóig
<b>KÁLVIN TÉR</b>							
				$\tau_s$	(korr. szórás)		
10—11h	13,1 (5,0)	58,0	34 (16)	105 (52)	47 (22)	58	12 (4)
16—17h	13,0 (4)	58,0	37 (17)	71 (48)	67 (20)	58	10 (4)
Belépés ajtótól peronig				várakozás (áll, sétál, ül)		Kilépés kocsitól ajtóig	
<b>DÓZSA GYÖRGY ÚT</b>							
				$\tau_s$	(korr. szórás)		
10—11h		68 (20)			98 (48)		59 (22)
16—17h		59 (14)			67 (44)		56 (21)

KÁLVIN TÉR — JAN. 29. (1988)



1/a. ábra

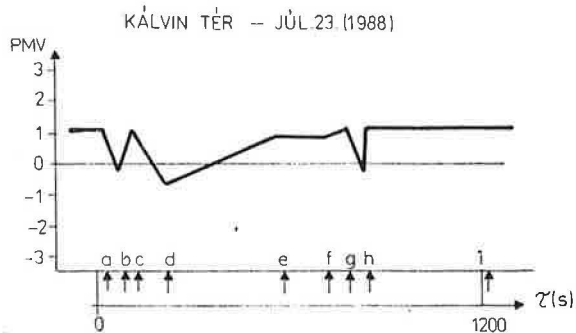
DÓZSA GYÖRGY ÚT — FEBR. 3. (1988)



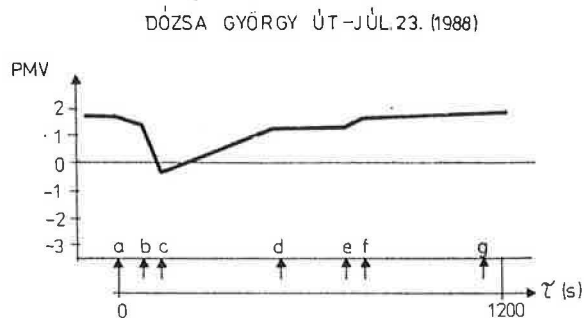
1/b. ábra

Az 1. és 2. ábrákon egy feltételezett utasnak a metróban való tartózkodását az 1. táblázat szerinti részidőkre bontottuk. A táblázatban összefoglalt részidőket statisztikai alapon stopperórával mértük úgy, hogy egyenlő arányban szerepeltek a férfiak, nők, és a különböző korosztályok. Mindegyik részidőhöz 30—40 mérés tartozik, ami már reprezentatív mintát jelent. Az ábrákon használt jelölések:

- a — belépés,
- a—b — mozgólépcsőn (áll)
- b—c — mozgólépcsőtől peronig,
- c—d — várakozás (áll, sétál, ül),
- d — belépés a metrókocsiba,
- e — egyensúly a metrókocsiban,
- f — kilépés a metrókocsiból,
- f—g — sétálás a mozgólépcsőig,
- g—h — mozgólépcsőn (áll),
- h — kilépés,
- i — egyensúly az aluljáróban.



2/a. ábra



2/b. ábra

Mindegyik részidő alatt az utas a metró egy adott részén tartózkodik, más-más aktivitási szint mellett:

- sétálás (belépés, kilépés, mozgólépcsőtől peronig stb. 4,8 km/h-s sebességgel)  $-152 \text{ W/m}^2$
- várakozás (áll, sétál, ül)  $-70 \text{ W/m}^2$
- állás mozgólépcsőn  $-70 \text{ W/m}^2$
- metrókocsiban  $-70 \text{ W/m}^2$

Az állomás mindegyik részén a mért levegő- illetve falhőmérsékleteket vettük figyelembe.

A diagram pontjainak számításakor az adott évszakra jellemző általános ruházat az irányadó:

- télen  $I_{cl}=1,5; f_{cl}=1,2$
- tavasszal  $I_{cl}=1,0; f_{cl}=1,15$
- nyáron  $I_{cl}=0,5; f_{cl}=1,1$

A légssebességeket a 2. táblázatban adtuk meg. Az ábrák szerkesztésénél feltételeztük, hogy mindegyik részidőintervallum elegendő a hőegyensúly (termikus equilibrium) beállításához. Ez csak két esetre igaz — a metrókocsiba való belépés és az aluljáróba való kilépés utáni 6 perces részidőintervallumra. A többi esetben az ábra azt mutatja, hogy ha eltekintünk az emberi test alkalmazkodó képességének tehetetlenségétől (kb. 4...6 perc), milyen hőérzete lenne az utasnak az adott (mért) klímaméterek mellett. Például kövessük az 1. ábrát!

Az utas az aluljáróban jár ( $M/F_{Du}=152 \text{ W/m}^2$ ), és feltételezzük, hogy hőegyensúlyban van. Az (a) pillanatban belép a metró Kálvin téri állomásába. A bejáratától a mozgólépcsőig 13 s alatt ér. Ez egy eléggé rövid idő, amit az ábrán két egymás fölötti pont jelöl. Nyilvánvaló, hogy ilyen rövid idő alatt a megváltozott körülmények között hőegyensúly nem következhet be, de a belépő azonnal érzi a földalatti állomásból áramló meleg levegőt. Az-

2. táblázat

Légssebesség értékek a budapesti metró két állomásának jellemző részén (mért átlagos értékek)

Mérés helye	Kálvin tér		Dózsa Gy. út	
	$v^+$ (s) <sup>++</sup> m/s		$\bar{v}$ (s)	m/s
Peron elején	1,75	(1,24)	1,19	(1,12)
	2,24	(1,06)	2,16	(1,02)
	1,25	(1,04)	1,63	(1,19)
Mozgólépcső-lejárata				
	1,06	(0,63)		
	0,68	(0,56)		
lent	2,19	(1,12)		
Ajtónál			0,85	(0,59)
Lépcsőn			1,81	(0,96)

Csúcsértékek — Kálvin tér:

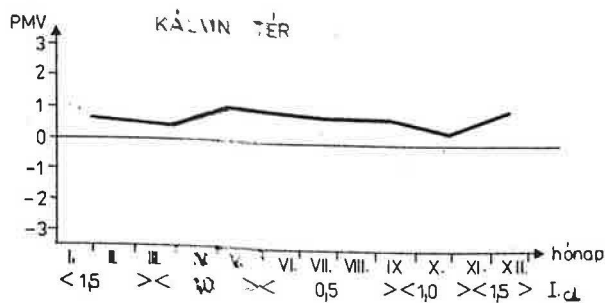
20 s alatt  $\bar{v} = 2,43 \text{ m/s}$

15 s alatt  $\bar{v} = 3,87 \text{ m/s}$

\*  $\bar{v}$  — mért átlagos értékek

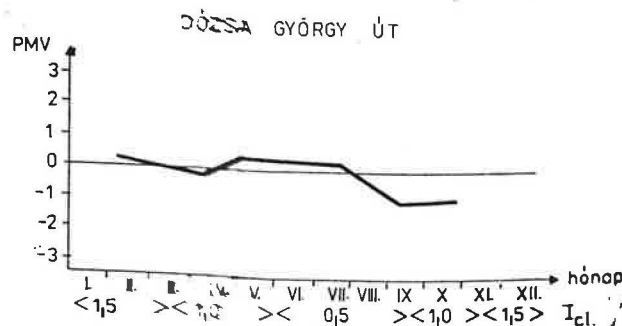
\*\* s — a mért légssebesség értékek korrigált szórása.

után (a)-tól (b)-ig 53 s alatt az utas a mozgólépcsőn áll ( $M/F_{Du}=70 \text{ W/m}^2$ ), és az ottani klímaméterek és a csökkentett metabolikus hője határozzák meg a hőérzetét. A (b) pillanattól, attól függően, hogy az állomáson van, vagy nincs szerelvény, többé-kevésbé sielve ( $M/F_{Du}=140 \text{ W/m}^2$ ) elszál a peron egy pontjáig (c). A peronon megvárja ( $M/F_{Du}=70 \text{ W/m}^2$ ) a metrószerelvényt és belép a



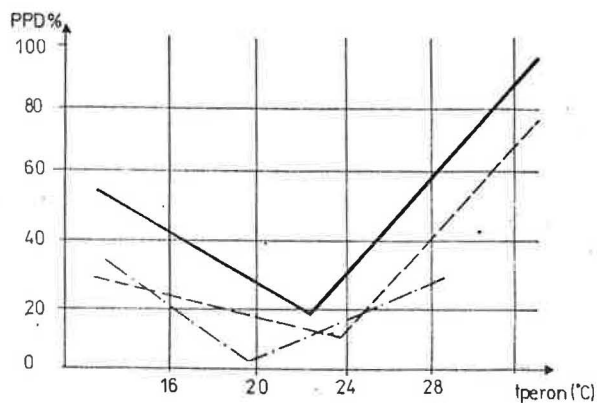
$\bar{W}_{lev} = 1,52 \text{ m/s}$  (szórás  $s=1,06 \text{ m/s}$ )  
aktivitás:  $116 \text{ W/m}^2$

3. ábra



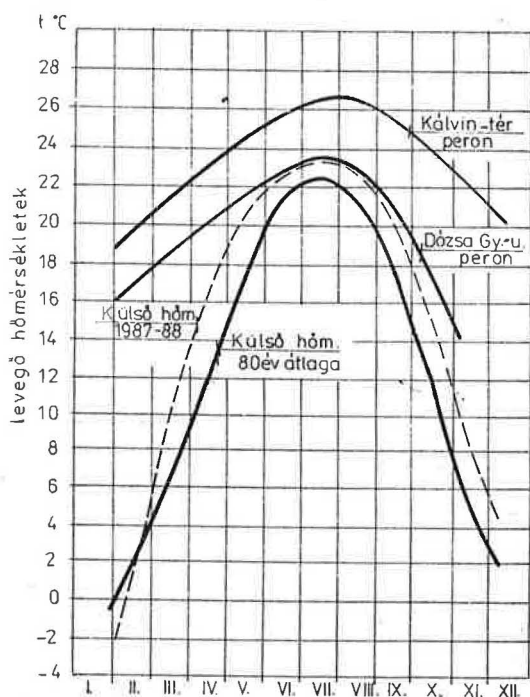
$\bar{W}_{lev} = 1,48 \text{ m/s}$  (szórás  $s=1,02 \text{ m/s}$ )  
aktivitás:  $116 \text{ W/m}^2$

4. ábra

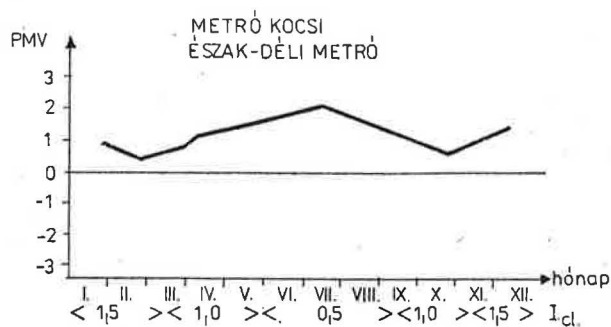


- PPD (Fanger szerint)
- A levegőhőmérséklettel elégedetlenek (7%)
- · - A metró globális klímájával elégedetlenek(7%)

5. ábra



6. ábra



$\bar{w} \approx 0,1 \text{ m/s}$   
aktivitás:  $70 \text{ W/m}^2$

7. ábra

kocsiba (d). A kocsiban az évszaktól függően 2...4 °C-kal magasabb a levegőhőmérséklet, mint a peronon.

Egyébként a rövid időtartamú hőigénybevétel és alkalmazkodás egy keveset kutatott és ismert probléma. A PMV-értékekről tett megjegyzéseket figyelembe véve mondható, hogy bizonyos esetekben talán 1 perc, vagy ennél rövidebb idő is elegendő, hogy előálljon a hőegyensúly.

Az 1. és 2. ábrákon feltüntetett PMV-értékek (a már említett feltételezések mellett) lehetővé teszik, hogy több irányból megközelíthessük a METRÓ sajátos klímáját.

Ehhez nyújt segítséget a 3. és 4. ábra is, ahol a PMV-értékek éves, várható értékét tüntettük fel.

Az 1. és 2. ábrák alapján kitűnik, hogy a hőérzeti mutató télen a komfort érték körül ingadozik, a nyári szélső esetet tekintve a PMV a melegtartományba tolódik. Kérdés, hogy a rövid időre vonatkozó PMV-értékeket az emberi szervezet miként tudja hőérzeti szempontból integrálni. Az integráció eredményére utal az 5. ábra francia METRÓ-vizsgálatok eredményei alapján, ahol kitűnik, hogy a számítotthoz képest a kívánatos hőmérséklet a nagyobb érték felé tolódik el (23 °C). Egyébként az éves hőérzetváltozást tekintve a PMV egyértelműen melegtartományban van egész évben (3. ábra). pl. a Kálvin téri megálló (peron) mért adatai alapján. Ez nyilvánvaló, ha figyelembe vesszük, hogy a Kálvin téri állomás és a kapcsolódó vonalszakasz mélyvezetésű, míg a Dózsa György úti megálló kéregalatti kialakítású. Az évi jellemző hőmérsékletek változása is ezt bizonyítja (6. ábra).

A metrókocsiban végzett vizsgálat egyértelműen utal arra a mindenki által tapasztalt tényre, hogy évszaktól függetlenül a számítható és a tapasztalt hőérzet azonos: az év nagyobb hányadában meleg (7. ábra).

Feltételezhető, hogy levegőhőmérsékletből, levegősebességéből és a környező felületek sugárzási hőmérsékletéből számítható hőérzeti jellemzőkből levonható következtetések nem mondanak az utas, vagy a szakember számára újat, de számszerűsítik a tapasztalt tényeket. Ennél pontosabb információ a hőérzeti számra a részjellemzőkből integráló műszerrel végzett mérések alapján adható meg, bár vitatható, hogy a különféle fizikai jellemzők ismerete nem több-e, mint azok összegzett eredménye.

Általános következtetésként adódik, hogy a mélyvezetésű metróállomáson a nagy légsűrűsége ellenére a hőérzeti mutató még télen is a meleg zónában van, pedig a külső levegő alkalmas lenne hűtésre a központi szellőzés megfelelő üzemeltetése esetén.

A burkolat alatti metróállomáson általában hidegebb hőérzet alakul ki, ami annak is következménye, hogy a vonalon egész évben alacsonyabb a levegőhőmérséklet és jobban érvényesül a szezonális külső hőmérséklet, aminek kellemetlen hatása viszont nyáron jelentkezik.

A kapott információk alapján hőérzet szempontjából a jelenleginél kedvezőbb főszellőzési üzemeltetést lehetne kialakítani, ami adott esetben természetesen növeli az üzemeltetési költségeket.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *Ábrahám K.*: Metró kézikönyv. MK 1982, Budapest
- [2] *Bánhidai L.*: Zárt terek hőérzeti méretezése. MK 1976, Budapest
- [3] *De Roos, J. G.*: Man and Metro in the 1980's. 43. International Congress, Helsinki, 1979. jun. 10—15.
- [4] *Fanger, P. O.*: Thermal Comfort, McGraw-Hill, 1972.
- [5] *Grivel, F., Flahant, J.*: Les effets des conditions climatiques sur les usagers du métro. Science et Techniques, 1979, 59. sz.
- [6] *Kajtár L., Erdősi I.*: Földalatti terek instacioner hőtechnikai méretezése. Kézirat.
- [7] La ventilation du métro urbain de Paris. Revue Generale des Chemins de Fer, 95 K, 4. sz. 1975.
- [8] *Nyerges T., Meszléry C., Bánki A.*: Kísérleti hő- és légtechnikai mérések a metrő üzemelő szakaszán. Épületgépészet, 22. k. 5. sz. 1973.
- [9] *Rózsa L., Pintér L.*: A metrő utasforgalmi problémái. Közlekedéstudományi Szemle, Budapest, 1971, 9. sz.
- [10] *István Erdősi, László Kajtár*: Die Änderung des Klimaverhältnisses in unterirdischen Räumen Klima Kälte Heizung. 17. 6. 89. p. 289—291.
- [11] *Martin GATEV*: A METRO-szellőzés vizsgálata. Diplomaterv. Budapest, 1988.

Könyvszemle

*Fodorné Csányi Piroska—dr. Fábian Pál—Csengeri Pintér Péter*: **Műszaki helyesírási szótár**

Magyarországon első esetben jelenik meg műszaki helyesírási szótár. A könyv két részre tagolódik. Az első rész a szakszavak helyesírásának általános szabályait foglalja össze (pl. különírás, egybeírás, mértékegységek nevének és jelének írása, számítástechnikai helyesírási szabályok stb.). A második rész mintegy 80 000 műszaki szakszót tartalmaz. Nemcsak a műszaki könyvet, cikket író szakemberek számára nélkülözhetetlen, hanem megkönnyíti a diplomaterv, a disszertáció, a gépkönyv, a műszaki leírás stb. elkészítését is, ezért is fontos kézikönyv a műszaki szakember számára és hasznos segédkönyv a műszaki egyetemeken, főiskolákon tanuló hallgatóknak is.

495,— Ft

*Holland, R. C.*: **Mikroelektronika és mikroszámítógépek** (Illusztrált értelmező szótár)

A könyv mintegy 1000 címszó és 200 ábra segítségével adja meg a mikroelektronika és a mikroszámítógéptechika szakkifejezéseinek értelmezését. Tartalmazza a legkülönbözőbb áramkörü elemek, rendszerek és eljárások, továbbá az alapvető elvek és fogalmak magyarázatát. Különösen hasznos a szöveget kiegészítő, sok magyarázó ábra. — Közérthető nyelvezete, lényegre törő stílusa használhatóvá teszi nemcsak az elektronikában dolgozók, hanem a számítógép-amatőrök és más érdeklődők számára is. Hasonló szótár magyar nyelven még nem jelent meg.

195,— Ft

*Dr. Palotás László szerk.*: **Mérnöki kézikönyv IV. kötet**

A négykötetes kézikönyv befejező kötete az út- és vasútépítés mérnöki vonatkozásait tárgyalja. Az első három fejezet tematikája és tárgyalásmódja különbözik a forgalom- és közlekedéscentrikus kézikönyvektől, mivel a tervezés és az építés vonatkozásai kerülnek előtérbe. A további fejezetek az építésgépesítéssel és -szervezéssel, valamint a rendszertechnikával foglalkoznak. A Mérnöki Kézikönyv IV. kötete 1100 ábrát és 400 táblázatot tartalmaz.

990,— Ft

*Dr. Klár András—dr. Lányi Péter*: **A városi tömegközlekedés irányítása**

A számítástechnika az élet valamennyi területén egyre jobban előtérbe, így a városi közlekedés irányításában is. A felszíni tömegközlekedés magas szintű, automatizált forgalomirányítása nélkül ma már elképzelhetetlen a nagyvárosok közlekedése. E könyv célja az e területen elért hazai és külföldi eredmények összefoglalása, ezzel mintegy lendületet adva a jelenleg is folyó fejlesztési munkáknak.

78,— Ft

*Adorján Noémi*: **Forth lépésről lépésre**

A BASIC után a FORTH-programnyelv az egyik legnépszerűbb és legelterjedtebb a mikroszámítógép-felhasználók körében. A FORTH „filozófiája” lényegesen különbözik a BASIC-étől—a FORTH-hívők logikusabbnak mondják. Annyi bizonyos, hogy logikája jóval közelebb áll a gép logikájához, így tömörebb és gyorsabb. Ma már szinte minden mikrohoz van FORTH-fordítóprogram. Ez a könyv, amint a cím is jelzi, lépésről lépésre vezet be a FORTH-ba, nagyon sok feladatot, kidolgozott példát tartalmaz. Stílusában könnyed, egyszerű. Kezdek tankönyvében szakkönyvi anyagnak, is kiválóan alkalmas.

198,— Ft

*Dr. Benedek Pál*: **Víz tisztítás — szennyvíztisztítás** (Zsebkönyv)

A zsebkönyv az 1974-ben megjelent könyv újabb kiadásaként jelent meg. Egységes szemléletet képvisel a víz tisztítási és szennyvíztisztítási területeken dolgozó — egyébként külön szakmai csoportot jelentő — szakemberek számára. — Az első kiadás óta eltelt időszak eredményeinek megfelelően a könyv jelentős átdolgozáson esett át, elmondható, hogy a jelenleg legkorszerűbb ismereteket nyújtja az olvasónak. Napjainkban egyre sürgetőbbé válik az ivóvízhálózattal ellátott települések csatornázása és ennek előzményeként a szennyvíztisztító telepek építése. A környezetvédelem társadalmi jelentőségű kérdéssé válásával előtérbe kerülnek a víz tisztítás problémái is. — A könyv ismerteti a víz- és szennyvíztisztítás műtárgyait, kitér az ivó- és iparivíz-igényekre és a vizek jellemzésére. Foglalkozik a fizikai, a kémiai és a biológiai tisztítási módokkal, a víz- és szennyvíztisztító telepek tervezésével, különleges ipari szennyvíztisztítási problémákkal. Felsorolja a hatályos szabályozási kiadványokat.

1900,— Ft

*Vincze Árpád*: **Elektrohidraulikus rendszerek**

Elektronikus irányítást összekapcsolva olyan hidraulikus egységgel, amely gépet, berendezést, ill. működő egységet hajt, elektrohidraulikus rendszert hozhatunk létre, s így együtt, magasabb szinten használhatjuk ki mindkettő előnyét. A korszerű, nagy teljesítményű, igényes gépek ma már elképzelhetetlenek elektrohidraulikus energiaátvitel nélkül. — Mind a gyártás, mind pedig az alkalmazás területén hazánkban is dinamikus fejlődés tapasztalható. Bár több magyar nyelvű hidraulikával foglalkozó könyv jelent meg eddig, de az elektrohidraulika témakör igényes, magyar nyelvű feldolgozásában hiány van. A könyv az elektrohidraulikus elemek ismertetése után bemutatja gyakorlati alkalmazási lehetőségeiket is.

195,— Ft