



TÓTH BÉLA

Okleveles gépészmérnök

Ny. MÁV főmunkatárs

Visszatápláló-fékezés és kifuttatás együtt?

Regenerative Braking And Coasting Together?

Written by Béla Tóth

Vasútiüzemi gyakorlat során felmerülhet a kérdés: van-e haszna energetikai szempontból, vagy inkább káros, ha visszatápláló fékezés mellett kifuttatást is alkalmazunk a megállító fékezést megelőzően. Első közelítésként talán adhatunk olyan választ, hogy a kifuttatás bizonyára káros hatású, mivel ekkor egy alacsonyabb sebességről kell a fékezést indítani, és ezáltal kevesebb energia táplálható vissza a táphálózatba. De aztán gondolhatunk arra is, hogy kifuttatás nélküli esetben, a fékezést megelőzően hosszabb úton kell vonóerőt alkalmaznunk a sebességtartáshoz. Melyik válasz igaz? Erre a dilemmára kísérel meg elfogadható választ adni a következő rövid tanulmány.

A question in railway practice can occasionally arise: whether, from the point of view of energetics, it is advantageous or disadvantageous if a certain coasting before using the regenerative brake application is applied. As a first approach, there can be given such an answer that coasting must be disadvantageous because, in this case, the brake application could only be entered from a lower speed resulting in a smaller feedback energy quantity to the network. However, another opinion can also emerge saying that without coasting, the tractive effort before the brake application ought to be maintained in a longer distance so as to keep up the previous constant speed. Which is the better between? The next short essay will try to give an acceptable answer to this dilemma.

Előszó

Tóth Béla az alábbi cikk alkotója megelőzte a MÁV FLIRT motorvonatok beszerzését. A Vasútgépészet korábbi cikkeinek olvasói emlékezhetnek Tóth Béla zsenialitására, aki az energiatakarékos vontatás témájában még a rendszerváltás előtt Várszegi Gyula vezérigazgatót is meggyőzte, hogy milyen fontos az energiatakarékos villamos vontatás. Vezérigazgatói engedéllyel Tóth Béla egy V43 mozdonnyal megkezdte az energia fogyasztást mérni a Kelenföld - Érd Felső – Pusztaszabolcs vonalon. A rendszerváltás utáni pénzügyi helyzet miatt a pályavasút kezdeményezésére felszedték a vasúti pálya netén a vonalszakasz emelkedés-lejtés értéket rögzítő táblákat, amely akkor igen fontos tájékoztató volt a mozdonyvezetők gazdaságosabb vezetése számára.

1990-2000 években Tóth Béla javallatára Előhegyi István és Dr. Zobory István professzor összefogtak, és az energiafogyasztási kutatásokat elméleti majd gyakorlati fejlődését kezdeményezték. Az előzmények után az alábbi cikket Tóth Béla a villamos motorvonat beszerzésében javallatunkra a 30-as vonalra – amely a beszerzésre kerülő villamos motorvonat referencia vonala lett, megírta. Ezzel a cikkel, amely 2007-ben üzembe helyezett FLIRT motorvonatok számára a beszerzés előtti BME Vasúti Járművek Tanszéke által elvégzett energia fogyasztás elle-

nőzés már a GPS méteres pontosságú adatainak birtokán és a pályaadatok ismeretében eredményes és elfogadható volt.

Ismeretes, hogy hagyományos fékezési rendszerek alkalmazása esetén igen jelentős vontatási-energia megtakarítás érhető el a vonat megállító fékezését megelőző szabad kifuttatás révén. Jogosan merül fel most a kérdés: milyen energetikai összefüggés állapítható meg a visszatápláló fékezés és a kifuttatás között? Az első közelítés olyan megfontolásra vezethet, hogy visszatáplálás esetén a nagyobb sebességről történő fékezés nyilván nagyobb mértékű energia visszanyerést eredményezhet, tehát a fékezést megelőző kifuttatás, mely esetben a fékezés kisebb sebességről indul, kedvezőtlenebbé válhat.

A kérdés részleteinek vizsgálatát elősegíti az 1. ábra, ami a megállást megelőző **sebesség-út menetábra** aktuális részletét szemlélteti sematikus¹ formában, kifuttatás nélküli (A-görbe) és kifuttatásos (B-görbe) menet esetére. Az ábra jelölései:

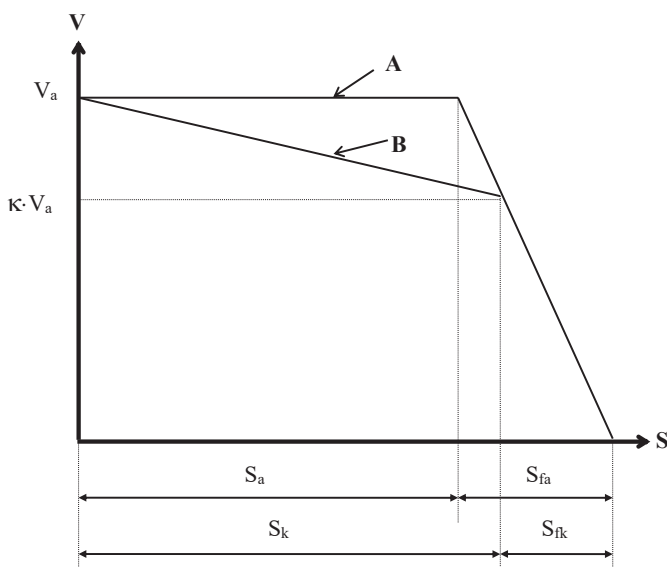
v_a : vonat alapsebesség, m/s

κ : kifuttatási sebesség tényezője ($0 < \kappa < 1$)

S_a, S_k : kifuttatás nélküli, ill. kifuttatási út, m

S_{fa}, S_{fk} : fékezési út kifuttatás nélkül, ill. kifuttatással, m

¹ A valóságban a kifuttatási és a fékezési út lefolyása – ebben az ábrázolásban – nem egyenes vonalú.



1. ábra

Az itt következő részadatokat a 80...120 km/h sebességtartományban, csak a kifuttatás kezdetétől a megállásig terjedő út- és időtartományban – az 1. ábrának megfelelően – értelmeztük, továbbá a pályát sík-egyenesnek tekintettük.

Az a_f fékezési lassulás (felvett érték):

$$a_f = 0,7 \text{ m/s}^2$$

Az a_k kifuttatási lassulás, amely a kifuttatáshoz tartozó e_k közepes menetellenállásból és a g nehézségi gyorsulásból számítható:

$$a_k = g \times e_k$$

Ezek felhasználásával az S_k kifuttatási és az S_{fk} fékezési úthossz, valamint az S_{fa} kifuttatás nélküli fékezési úthossz közvetlenül számítható.

$$S_k = \frac{(1 - \kappa^2) \cdot v_a^2}{2 \cdot a_k}; \quad S_{fk} = \frac{(\kappa \cdot v_a)^2}{2 \cdot a_f}; \quad S_{fa} = \frac{v_a^2}{2 \cdot a_f}$$

Fentiek ismeretében, az állandó sebességű S_a úthossz értéke

$$S_a = S_k + S_{fk} - S_{fa}$$

is könnyen meghatározható. A kifuttatás **Km** százalékos mértéke a κ kifuttatási sebesség-tényezőből adódóan:

$$Km = 100 \times (1 - \kappa) \%$$

Az 1. ábra szerinti vizsgálati modell tulajdonságai- ból következően, a vizsgált teljes útszakasz a kifuttatás mértékétől függően más és más hosszúságú lesz, és rö-

vid megállóhely-távolságoknál az itt szereplő, nagyobb hosszúságot kijelölő kifuttatási mértékek meg sem valósulhatnak. Erre vonatkozó tájékoztatásul, az alábbi táblázaton megadtuk a kifuttatási úthosszra vonatkozó nagyságrendi adatokat. A kapott eredmény szerint, a kifuttatás okozta menetidő-többség vízszintes pályán igen csekély. Emelkedőben ez az érték – a kifuttatási út csökkenése miatt – tovább csökken.

Kifuttatás mértéke	5 %	10 %	15 %	20 %
Kifuttatás hossza	800 – 1200 m	1700 – 2400 m	2500 – 3600 m	3400 – 4800 m
Többség menetidő	~1 s	~4 s	~9 s	~17 s

A fékezési energia hasznosíthatóságának elemzése

A fékezési energia-visszatáplálás elemzéséhez a következőkből indulhatunk ki.

1. Általánosságban, fékezéskor a jármű lendületi energiáját kell felemésztetnünk. A fékező erő azonban két tényezőből tevődik össze:
 - a fékberendezés által kifejtett erőhatásból, valamint
 - az adott, folytonosan csökkenő sebességhez tartozó menetellenállásból.

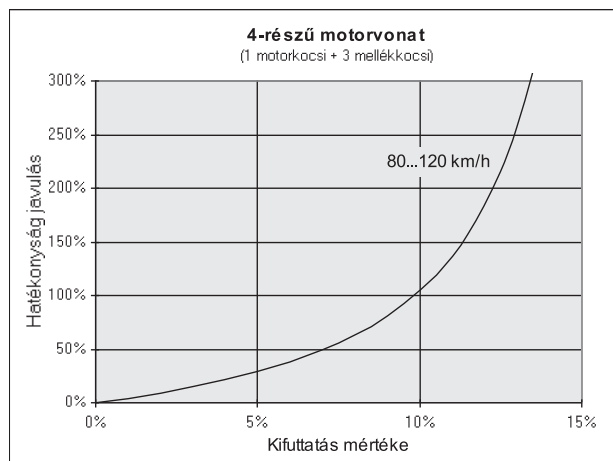
Nyilvánvaló, hogy energia-visszatáplálásra csak az első összetevőhöz tartozó energia hasznosítható, míg a második menthetetlenül elvész (hővé alakul át).

Ebben az elemzésben e két erő eredőjét, s ezzel a fékezési lassulást végig állandónak tekintjük.

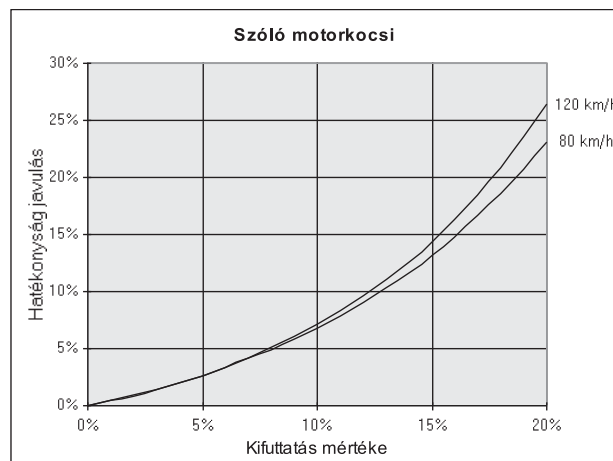
2. Nyilvánvaló, hogy azonos egyéb paraméterek mellett, a nagyobb sebességről történő fékezéshez nagyobb fékezési energiamennyiség tartozik.
3. A kifuttatás nélküli esetben a fékezésből nyerhető – a kifuttatásosénál nagyobb – energiamennyiségből levonódik az állandó sebesség fenntartásához a fékezést megelőző úthosszon (1. ábra) felhasznált vontatási energia.
4. A rendelkezésre álló fékezési energiának csak az energia-átalakító berendezés hatásfoka által meghatározott része táplálható vissza.

Az itt összefoglaltak alapján, az összehasonlítás céljára a következő energia-mérleg írható fel a kifuttatásos, ill. kifuttatás nélküli hasznosítás esetére:

$$W_{kif} \Leftrightarrow W_{tel} - W_{von}$$



2a. ábra



2b. ábra

ahol W_{kif} : visszatáplálható fékezési energia a **kifuttatási** sebességről ($\kappa \times v_a \rightarrow 0$)
 W_{tel} : visszatáplálható fékezési energia a **teljes** sebességről ($v_a \rightarrow 0$)
 W_{von} : **vontatási** energia a fékezést megelőző, kifuttatás nélküli szakaszon ($v_a = \text{áll}$)

Az energia-összetevők meghatározásának formulái (feltételezve, hogy a motorkocsi csak villamosan fékezik):

$$W_{kif} = \eta \cdot m_g \cdot \left(1 + \delta - \frac{g \cdot e_f}{a_f} \right) \cdot \frac{(\kappa \cdot v_a)^2}{2}$$

$$W_{tel} = \eta \cdot m_g \cdot \left(1 + \delta - \frac{g \cdot e_f}{a_f} \right) \cdot \frac{v_a^2}{2}$$

$$W_{von} = m \cdot (1 - \kappa^2) \cdot \left(\frac{1}{a_k} - \frac{1}{a_f} \right) \cdot g \cdot e_a \cdot \frac{v_a^2}{2}$$

ahol $e = a + c \times v^2$: fajlagos menetellenállás, N/N
 e_f : fajlagos menetellenállás átlagos értéke, fékezés-kor, N/N
 e_a : fajlagos menetellenállás az alapsebességen, N/N
 δ : forgó tömegek együtthatója
 η : átviteli hatásfok a visszatáplálásnál
 m_g : motorkocsi(k) tömege, kg
 m : teljes vonat tömege, kg

A hatékonyság

A felsorolt összefüggések felhasználásával, a kifuttatással együtt alkalmazott energia-visszatáplálás hatékonyságát a kifuttatás nélküli változathoz képest a következőképpen fejezhetjük ki, a vizsgált menetszakaszra vonatkozólag:

$$H = \frac{W_{kif}}{W_{tel} - W_{von}}$$

Ennek az összefüggésnek alapján készített diagramok (2.a és 2.b ábra), amelyek azonban csak a kifuttatási szakaszra vonatkoztathatók, jól jellemzik az energia-visszatápláló fékezés hatékonyságát – 80...120 km/h alapsebesség-tartományban – a kifuttatás mértékének függvényében.

Értékelés

Legfontosabb megállapításként rögzíthetjük, hogy visszatápláló fékezéses rendszerben a fékezést megelőző kifuttatás az energia-megtakarítás hatékonyságát tovább növeli. Észre kell vennünk azonban, hogy a jelen vizsgálatban figyelembe vett menetszakasz csupán a befejező részét képezi egy indulástól megállásig terjedő valóságos menetábrának, így az itt észlelt megtakarítási arány is módosul aszerint, hogy milyen mértékű energia-fogyasztás történt a megelőző szakaszban.

Elemzésünkben kitűnőleg, szóló motorkocsi, vagy csak motorkocsiból álló szerelvény esetén, a megállító fékezést megelőző, átlagos mértékű kifuttatás – az 1. ábra szerinti menetszakaszra vonatkoztatva – 2...10 %-kal növeli megtakarítást ahhoz képest, mintha csak kifuttatás nélküli visszatáplálás történt volna (2.a ábra). Ehhez képest, amikor a szerelvény a motorkocsi mellett egy vagy több mellékkocsit is tartalmaz, az így képződő viszonylagos megtakarítás mértéke (2.b ábra) az előzőnek többszörösére növekedhet. Ennek könnyen belátható oka az, hogy kifuttatás nélkül a fékezést megelőző többlet vonóerő-munka, mint veszteség, a mellékkocsik tömegének arányában növekszik, miközben a visszatáplálható energia nagysága változatlan.

Egy teljes menet során, a kifuttatások révén megvalósítható energia-megtakarítási viszonyokat számítógépes

menet-szimuláció segítségével tanulmányoztuk a Budapest Déli pu. – Székesfehérvár vonal figyelembevételével. A szimulációs modell adatai, valamint a futtatások

eredményei a Függelék 3. fejezetében találhatók. Az itt következő táblázat a szimulációs futtatások eredményének összefoglalását tartalmazza.

	Menetidő	Teljes energia-fogyasztás	Visszatáplált energia	Eredő energiafogyasztás	Kifuttatás hatékonysága
Kifuttatás nélkül	54,8 perc	722 kWh	134 kWh	588 kWh	0 %
30 s kifuttatással	55,2 perc	636 kWh	113 kWh	523 kWh	11,1 %
45 s kifuttatással	55,8 perc	589 kWh	102 kWh	487 kWh	17,2 %

A kifuttatás alkalmazását gyakorlatilag nem hátráltatja az ezzel összefüggő tényleges menetidő-hosszabbodás, mert – mint azt a korábbi táblázaton megmutattuk – a szóba jöhető 5...10 %-os kifuttatási mérték mellett a menetidő-hosszabbodás megállásonként nem több néhány másodpercnél. Mindezek figyelembevételével, – a gyorsfékezés és a vészfékezés esetét kivéve – gazdasági szem-

pontból célszerűnek tűnik az üzemi fékezéshez az olyan vezérléstechnikai konstrukció kizárása, amely megengedi a vonóerő-kikapcsolás és a fékezés-indítás időátmenet nélküli megvalósulását, mert így – egy túl kényelmes vezetési stílus esetén – a kívánatos kifuttatásos menetfázis kiküszöbölődik.

Függelék

Néhány számítástechnikai részlet

1. A kifuttatás változó sebességű folyamata vízszintes pályán

1.1 A kifuttatási út és idő közelítő számítása

Az alkalmazott változók

v_1, v_2 :	kezdő- ill. végsebesség, m/s
a_f :	fékezési lassulás, m/s ²
δ :	forgó tömegek együtthatója
$a_k = \frac{g}{1+\delta} \cdot \left(a + c \cdot \frac{v_1^2 + v_2^2}{2} \right)$:	közepes kifuttatási lassulás, m/s ²

A kifuttatási út és idő:

$$s = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot a_k} \quad t = \frac{2 \cdot s}{v_1 + v_2}$$

1.2 A pontos számítás

Az alkalmazott további változók

m :	tömeg, kg
t :	idő, s
v :	sebesség, m/s
s :	út, m
g :	nehézségi gyorsulás, m/s ²
$F_e = g \times m \times (a + c \times v^2)$:	menetellenállás, N

	Időfüggvény	Útfüggvény
Newton-egyenlet	$F = (1 + \delta) \cdot m \cdot \frac{dv}{dt}$	$F = (1 + \delta) \cdot m \cdot \frac{v \cdot dv}{ds}$
Behelyettesítéssel	$m \cdot g \cdot (a + c \cdot v^2) = (1 + \delta) \cdot m \cdot \frac{dv}{dt}$	$m \cdot g \cdot (a + c \cdot v^2) = (1 + \delta) \cdot m \cdot \frac{v \cdot dv}{ds}$
Változók szétválasztásával	$\frac{g}{(1 + \delta)} \cdot dt = \frac{dv}{a + c \cdot v^2}$	$\frac{g}{(1 + \delta)} \cdot ds = \frac{v \cdot dv}{a + c \cdot v^2}$

Az integrálások elvégzésével ($v_2 \rightarrow v_1$ határok között) a kifuttatási út és idő:

$$s = \frac{1+\delta}{2 \cdot g \cdot c} \cdot \ln \left(\frac{a+c \cdot v_1^2}{a+c \cdot v_2^2} \right)$$

$$t = \frac{1+\delta}{g \cdot \sqrt{a \cdot c}} \cdot \left[\arctg \left(\sqrt{\frac{c}{a}} \cdot v_1 \right) - \arctg \left(\sqrt{\frac{c}{a}} \cdot v_2 \right) \right]$$

2. A fékezés változó sebességű folyamata vízszintes pályán

Az alkalmazott változók

m_g :	motorkocsi(k) tömege, kg
v_f :	fékezési kezdősebesség, m/s
a_f :	fékezési lassulás, m/s ²
δ :	forgó tömegek együtthatója

A fékezési lassulás értékét állandónak tekintjük:

$$\frac{dv}{dt} = a_f = \text{áll.}$$

A lassulást előidéző, sebesség-függő erő-összetevők:

- a fékberendezés fékezőereje: $F_f(v)$
- a menetellenállás: $F_e(v) = g \times m_g \times (a + c \times v^2)$

A Newton-féle egyenlet:

$$F_f + g \times m_g \times (a + c \times v^2) = (1+\delta) \times m_g \times a_f$$

A fékberendezés fékezőereje, amelynek energiája visszatáplálással hasznosítható:

$$F_f(v) = m_g \times [(1+\delta) \times a_f - g \times (a + c \times v^2)]$$

3. A szimulációs futtatások eredményei

A menet-szimuláció legfontosabb adatai:

- Pályaszakaszc: Bp. Déli pu. – Székesfehérvár
- Vonattípus: 4-részcú elővárosi villamos motorvonat
- Vonattömeg: 230 t
- Vonat alapsebesség: 110 km/h

A választott vonal hossza: 67,1 km, mely hosszon a vonat 17 megállóhelyen áll meg, így az átlagos megállóhely távolság: ~3,95 km. A szimulációs menetek rendre

- kifuttatások nélkül,
- 30 másodperces (átlagosan 6,5 %-os) kifuttatásokkal,
- 45 másodperces (átlagosan 9 %-os) kifuttatásokkal lettek végrehajtva.

3.1 Kifuttatás nélküli menet

Távolság km	Szolgálati hely	Menetidő perc
0.0	Budapest_Déli_pu.	–
4.2	Budapest-Kelenföld	3.9
3.1	Budafok-Albertfalva	2.6
1.8	Budafok-Belváros_mh.	2.0
6.9	Nagyttény	4.8
1.5	Nagyttény-Érdl._mh.	1.8
2.4	Érd_alsó	2.5
4.1	Tárnok	3.2
8.7	Martonvásár	5.9
3.2	Baracska_mh.	2.8
5.2	Pettend_mh.	3.9
2.4	Kápolnasnyék	2.3
3.0	Velence_mh.	2.7
1.5	Velencefürdő_mh.	1.8
2.3	Gárdony	2.2
1.8	Agárd_mh.	2.0
5.0	Dinnyés	3.8
10.0	Székesfehérvár	6.6
67.1 km		54.8 perc

Vontatási-energia fogyasztás: 722. kWh

Visszatáplálható energia: 134. kWh

3.2 Megállás előtti, 30 s időtartamú kifuttatás

Távolság km	Szolgálati hely	Menetidő perc
0.0	Budapest_Déli_pu.	–
4.2	Budapest-Kelenföld	3.9
3.1	Budafok-Albertfalva	2.7
1.8	Budafok-Belváros_mh.	2.0
6.9	Nagyttény	4.8
1.5	Nagyttény-Érdl._mh.	1.9
2.4	Érd_alsó	2.5
4.1	Tárnok	3.3
8.7	Martonvásár	5.8
3.2	Baracska_mh.	2.9
5.2	Pettend_mh.	3.9
2.4	Kápolnasnyék	2.3
3.0	Velence_mh.	2.7
1.5	Velencefürdő_mh.	1.8
2.3	Gárdony	2.3
1.8	Agárd_mh.	2.1
5.0	Dinnyés	3.8
10.0	Székesfehérvár	6.5
67.1 km		55.2 perc

Vontatási-energia fogyasztás: 636. kWh

Visszatáplálható energia: 113. kWh

3.3 Megállás előtti, 45 s időtartamú kifuttatás

Távolság km	Szolgálati hely	Menetidő perc
0.0	Budapest_Déli_pu.	–
4.2	Budapest-Kelenföld	3.9
3.1	Budafok-Albertfalva	2.7
1.8	Budafok-Belváros_mh.	2.1
6.9	Nagytétény	4.8
1.5	Nagytétény-Érdl._mh.	2.0
2.4	Érd_alsó	2.6
4.1	Tárnok	3.2
8.7	Martonvásár	5.9
3.2	Baracska_mh.	2.8
5.2	Pettend_mh.	3.9
2.4	Kápolnasnyék	2.4
3.0	Velence_mh.	2.8
1.5	Velencefürdő_mh.	1.8
2.3	Gárdony	2.4
1.8	Agárd_mh.	2.1
5.0	Dinnyés	3.8
10.0	Székesfehérvár	6.6
67.1 km		55.8 perc
Vontatási-energia fogyasztás:		589. kWh
Visszatáplálható energia:		102. kWh

Tóth Béla szakmai életútja

Tóth Béla 1930. október 19.-én született Budapesten. A műegyetemre járt és Budapesten 1956-ban okleveles gépészmérnöként végzett.

Mérnöki pályafutását a Ganz-MÁVAG-ban kezdte, majd 1969 után a MÁV-hoz hívták át, és onnan ment nyugdíjba 1990. év végén.

Szarvas Ferenchez írt levelében 2010 októberében így mutatkozott be: Magamról: 1956-ban szereztem meg az első, gépészmérnöki diplomámat (Budapesti Műszaki Egyetem) majd 1967-ben másodikként: a nagyvasúti dízel- és villamosvontatási szakmérnöki diplomát (Építési és Közlekedési Műszaki Egyetem). Első munkahelyem 1956-tól az egykori Ganz Vagongyár (a későbbi Ganz-Mávag) volt. 1969-ben áthelyezéssel a MÁV Vezérigazgatóság Gépészeti Szakosztályára kerültem, amely intézményből 1990-ben (60 éves koromban) nyugdíjaztak. Ezt követően, egyéni vállalkozóként számos részfeladatot vállaltam a vasút számára egyéni kezdeményezésből vagy kifejezett megrendelésre.

A Vasútgépészet számára készített közel 50 oldalas tanulmányából kiemeltük azokat életrajzi vonatkozású részeket, amelyekkel sok évtizedes pályafutása jelentős állomásai voltak.

Tóth Béla 1970. év elejétől a MÁV Vezérigazgatóság gépészeti szakosztályán dolgozott. Itt találkozott először a menetrend megszerkesztéséhez szükséges menetidő adatok meghatározásának feladatával. Lehetőséghez és persze,

számítógéphez jutván – köszönhetően Csárádi János főosztályvezető úrnak – folyamatosan kidolgozta a szükséges részfeladatokat, valamint azok számítógépi kezelését. Ennek eredményeként a nyolcvanas évektől már használható adatokkal szolgált a MÁV forgalmi-menetrendi szakosztálya számára.

Tóth Béla munkáját az illetékesek elfogadták és rendszeresen felhasználták. A későbbiekben legértékesebb elismerést Csontos Endre forgalmi igazgató úr fogalmazta meg, amikor – az emberei eligazítása során – kijelentette, hogy a vasút üzemben „a Tóth Béla programjának menetidő adatai jók szoktak lenni.”

A 80-as évtized második felében Dr. Várszegi Gyula vezérigazgató úr által támogatott szimulációs programra Tóth Bélával együtt szabadalmi jogot kaptak, amit később a MÁV nem kívánt megvásárolni és lemondott a szabadalom alkalmazásáról is.

Tudomást szerezve a MÁV-nál folyó fejlesztések eredményéről, az 1980 év végén, a 90-as évek elején a svájci Stadler vasúti járműgyártó cég megkereste a MÁV-ot egy együttműködési javaslattal a TELOC sebességmérőnek energiatakarékos funkciót is ellátó funkció kifejlesztésében. Az ügyben annyi történt, hogy hozzájutva a sebességmérő programjához, a MeDina szimulációs programunkat át kellett írni a MODULA-2 programnyelvre. Ezt követően egy működő energiatakarékos programra épülő TELOC sebességmérő készülék vált valósággá.

Tóth Béla a MÁV-nál eltöltött hosszú évtizedek alatt egyetlen helyen dolgozott, gépészetben a Vezérigazgatóságon. A gépészetben elsőként használt számítógépet. Nyugdíjba vonulás után közel 2 évtizedig igen aktív volt és a MÁV FKI-t majd a MÁV VMSZK-t is segítette egyéni vállalkozóként.

Nyugdíjasként tevékenyen részt vállalt a vasút járműveivel kapcsolatos különféle fejlesztő munkákban. Az energiatakarékos vonatjavbírás volt a kedvenc szakterülete.

Nyugdíjaztatása után az 1990-es évektől továbbra is kapott megbízásokat a vasúti járműdinamika körében, amivel haláláig foglalkozott.

A MÁV FKI és a VMMSZK részére több kutatásban is részt vett. Ezek közül kiemelkedik a MÁV személyszállító vonatok optimális sebessége tárgyában készített tanulmánya Újító munkái közül kiemelkedik az energiatakarékos vonatjavbírás tárgyában Előhegyi Istvánnal és Dr. Zobory Istvánnak közösen jegyzett, értékesített szabadalmuk.

A Vasútgépészetben rendszeresen jelentek meg írásai. pl., 1993/2 szám: A TELOC 2002 EnOpt mozdonyfedélzeti számítógép rendszer. 1995/3szám: Sebességhatárzás vagy rendkívüli következményei a vasúti vontatásnál. 1997/1 és 2 szám: Villamos motorvonatok a MÁV üzemben 1998/2: Motorvonat, vagy mozdonyos ingavonat. A későbbi írásokat lásd a <http://vasutgepeszet.hu/vasutgepeszet/> oldalon.

Tóth Béla Budapesten, 2014 tavaszán hunyt el Budapesten.