



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

ÉPÍTŐMÉRNÖKI KAR

ÚT ÉS VASÚTÉPÍTÉSI TANSZÉK

PhD tézisfüzet

Gyalogosok forgalombiztonságának javítása közlekedéstervezési paraméterekkel

című PhD értekezéshez

Készítette:

Kovácsné Igazvölgyi Zsuzsanna,
tanársegéd, okleveles építőmérnök

Témavezető:

Dr. Fi István, egyetemi tanár, az MTA doktora

Budapest, 2015

Tartalomjegyzék

1. A kutatási feladat rövid ismertetése, tudományos előzményei és az értekezés célkitűzései	2
A téma indokoltsága és tudományos előzmények rövid ismertetése, célkitűzés	2
Az értekezés felépítése	2
2. A kutatás módszere.....	3
3. Gyalogos mozgási jelenségekkel foglalkozó jelentősebb szakirodalmak áttekintése ..	3
4. A gyalogos mozgások vizsgálatának módszertanai, főbb összefüggések, elvégzett vizsgálatok ismertetése	4
4.1. Gyalogosok szabálytalan átkelése jelzőlámpás gyalogos átkelőhelyen – főbb jellemzők, viselkedési tulajdonságok	4
4.2. Jelzőlámpás gyalogátkelőhely zöldidejének felülvizsgálata	4
4.3. Közterületi gyalogos lépcsők effektív szélességi méretezésének felülvizsgálata	5
4.4. Kijelölt önálló gyalogátkelőhelyek alkalmazásának szimulációs vizsgálata közbenső szigettel és közbenső sziget nélkül két sávós belterületi utakra	5
4.5. Közúti vasúti peronok forgalmi helyzetének, szolgáltatási szintjeinek vizsgálata.....	6
4.6. A keresztező gyalogos forgalom hatása a forgalmi sáv kapacitására jelzőlámpás csomópontban jobbra kanyarodó gépjárműforgalomnál	7
5. Az értekezés új tudományos eredményei.....	7
1. TÉZIS: Szabálytalan gyalogos mozgások elemzése jelzőlámpás átkelőknél	7
2. TÉZIS: Gyalogosok tervezési sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás gyalogos átkelőhelyeknél.....	8
3. TÉZIS: Közterületi fix lépcsők szélességi méretezésének korrekciós javaslata.....	8
4. TÉZIS: Kétsávós közúton önálló gyalogos átkelőhely típusának kiválasztását elősegítő módszertan kidolgozása.....	9
5. TÉZIS: Javaslát közúti vasúti peronok szolgáltatási szintekre történő méretezés bevezetésére Magyarországon	10
6. TÉZIS: Jobbra kanyarodó sáv kapacitásának meghatározása a keresztező gyalogos forgalom mértékének függvényében	11
6. Eredmények hasznosítása, további kutatási lehetőségek	11
7. Hivatkozások a téziszűzetben	12
<i>A szerző publikációi az értekezés témakörében</i>	<i>13</i>

1. A KUTATÁSI FELADAT RÖVID ISMERTETÉSE, TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEI ÉS AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

A téma indokoltsága és tudományos előzmények rövid ismertetése, célkitűzés

A gyalogosok mozgása, koncentrált várakozása a települési forgalom különleges része. Különböző szituációkban másképp reagálnak a forgalom többi résztvevőjére, attól függően, hogy milyen idők és milyen neműek, egészségesek-e, vagy korlátozottak mozgásukban. Befolyásolja őket a forgalom nagysága, az időjárás, egy esetleges baleset, egy nemrég lezajlott sportesemény eredménye, vagy akár egy a közelben bekövetkezett havária. Viselkedésük esetenként nehezen kiszámítható, illetve magyarázható.

A közterület konfliktushelyein lebonyolódó gyalogos mozgásokat tárgyaló értekezésemben alátámasztom a téma fontosságát, és röviden bemutatom a hazai és nemzetközi kutatók legfontosabb eredményeit. Az irodalomkutatásnál nagyobb hangsúlyt kapnak azok a következtetések, amelyek alapját képezték az egyes vizsgálataimnak. Említésre kerülnek a legfontosabb szabványok, előírások és kézikönyvek hangsúlyosabb pontjai.

A gyalogosok viselkedési tulajdonságainak ismertetését jelzőlámpával szabályozott gyalogos átkelőhelyeknél, és ezzel összefüggésben a gyalogos szabad jelzés hosszának egyszerűsített számítását saját méréseimre és a nemzetközi módszertanokra alapoztam. Vizsgálataim kiterjedtek még fix lépcsőkre, kijelölt gyalogos-átkelőhelyekre és közúti vasúti peronokra.

A személyi sérüléssel közúti baleseti adatok azt mutatják, hogy a gyalogos balesetek aránya az összes balesethez képest jelentős. Védtelen vagy sérülékeny közlekedőknek nevezzük őket, akik közül sokan sajnos a KRESZ-t sem ismerik/nem tartják be. A gyalogos balesetek majdnem 40%-ban ők az okozók. A gyalogos áldozatok szám 2010-ben 192, 2011-ben 124, 2012-ben 156, míg 2013-ban 147 volt.

Az alapvető céloknak a főbb gyalogos mozgástípusok elemzését és az eddig megállapított törvényszerűségek finomítását, illetve pontosítását, valamint együttes megjelenítésüket tekintetem. A hazai és nemzetközi méretezési módszereket a kiemelt baleseti kockázatú ill. nagy forgalmú létesítményeknél (gyalogátkelőhely, jelzőlámpás átkelő, közúti vasút peronok [villamos] és lépcsők) hasonlítottam össze, figyelemmel a saját eredményeimre. A törvényszerűségeket VISSIM gyalogos mikroszimulációval is kiegészítettem.

A vizsgálataim és méretezési módszerem az általam javasolt hazai szolgáltatási szintek bevezetését segítik azon létesítmény típusok esetében, amelyekre jelenleg nincs érvényben megfelelő szabályozás. Az értekezés további célkitűzése a szolgáltatási szint fogalmának bevezetése jelzőlámpás és jelzőlámpa nélküli gyalogos átkelőkre, illetve közúti vasút peronokra, ugyanis a hazai gyakorlatban a közúti vasút utasforgalomra történő méretezése meglehetősen elnagyolt.

Az értekezés felépítése

A dolgozat 8 fő fejezetből áll. Először (*1. fejezet*) alátámasztom a téma fontosságát, és röviden bemutatom a hazai és nemzetközi kutatók legfontosabb eredményeit. A *2. fejezetben* említésre kerülnek a legfontosabb szabványok, előírások és kézikönyvek hangsúlyosabb pontjai. A *3. fejezetben* a gyalogosok és a közúti forgalom lefolyását mutatom be. Az alkalmazott PTV VISSIM szoftverben használt gyalogos viselkedési paramétereket foglalom össze ill. a legfontosabb használatos definíciókat és az eddig ismert gyalogos viselkedési tapasztalatokat mutatom be. A saját méréseket és alkalmazott modelleket röviden ismertetem ebben a fejezetben. A *4. fejezetben* a gyalogosok viselkedési tulajdonságait mutatom be jelzőlámpával szabályozott

gyalogos átkelőhelyeknél. Itt ismertetem a gyalogos szabad jelzés hosszának egyszerűsített számítását, amelyeket a méréseimre és a nemzetközi módszertanokra építem fel, és itt tárgyalom a szabálytalan átkelés lehetséges okait és az ezeket elkövető gyalogosok legfontosabb viselkedési tulajdonságait. Az *5. fejezet* alfejezeteiben létesítménytípusonként rendezem az eredményeimet. Vizsgálataim kiterjednek fix lépcsőkre, kijelölt gyalogos-átkelőhelyekre és közúti vasúti peronokra. A *6. fejezetben* összefoglalom a téziseket kitérve gyakorlati jelentőségükre; a *7. fejezetben*, a további kutatási lehetőségeit fogalmazom meg. A *8. fejezet* a felhasznált irodalmak és kapcsolódó saját publikációim listáját tartalmazza.

2. A KUTATÁS MÓDSZERE

A helyszíni mérések, tapasztalatok és mikroszimulációs eredmények alapján javaslatot teszek egyes hazai gyalogos létesítmények méretezésére, illetve a használatos eljárások megfelelőségének ellenőrzésére. A méretezéshez és ellenőrzéshez szükséges adatok a közelmúltban végzett helyszíni megfigyelésekből származnak (fotó- és videotechnikával), melyeket beépítve a VISSIM mikroszimulációba elemezhetőek a különböző szituációk. Futtatások sorozata elkészítésével az egyes létesítményekre javasolt méretezési eljárás tetszőleges számú forgalmi körülmény mellett ellenőrizhető.

A legfontosabb gyalogos jellemzők meghatározására a hagyományos módszereken kívül számos modern technikai eszköz is rendelkezésünkre áll. Az adatok pontossága és a mérés gyorsasága nagyon fontos. A nyilvános webkamera képei késnek, és csak bizonyos időközönként frissülnek, részletes megfigyelésre nem alkalmasak.

A hagyományos kézi forgalomszámlálás lassú és nagy forgalomnál jelentősen megnöveli a forgalomszámláló személyzet létszámát. Ezt a módszert csak kisebb forgalmú villamos peronoknál alkalmaztam. A többi helyszínen videokamerával rögzített képek utólagos feldolgozására volt lehetőség (sebesség, sűrűség, nem és korosztály meghatározása).

3. GYALOGOS MOZGÁSI JELENSÉGEKKEL FOGLALKOZÓ JELENTŐSEBB SZAKIRODALMAK ÁTTEKINTÉSE

Jelentősebb hazai szakirodalomként 1980-as évekből kell első körben megemlíteni a *Városi közlekedési kézikönyvet (1984)* és a *Metró kézikönyvet (1982)*. A kézikönyvek ajánlásokat tesznek gyalogos létesítmények méretezésére. A kézikönyv két szolgáltatási szintet határoz meg: I. és II. szolgáltatási szint (megfelelő és eltűrhető). A gyalogos forgalom fundamentális diagramjai mellett a korabeli kutatások aktuális eredményeit is megtalálhatjuk a kötetben. A vizsgálatok eredményeit a későbbi *Gyalogos aluljáró tervezési irányelvek* és a jelenleg érvényben lévő Útügyi műszaki előírások is felhasználták.

Berényi János 1988-as kandidátusi értekezésében (*Berényi, 1988*) önálló mérések alapján vizsgálta a forgalomáramlás alapvető jellemzőit, amelyekhez fotó- és videotechnikai berendezéseket használt fel, modellje különböző létesítmények (folyosó, járda, lépcső) méretezésére szolgál, figyelembe véve a szolgáltatási szinteket. A különféle elemről összetett létesítményeknél számítógépes sztochasztikus szimulációt alkalmazott.

Juhász János egy saját magatartási közlekedési szimulációs modellt (*SIMPAS*) készített a közúti gyalogátkelőhelyek környezetében történő forgalomáramlás és a gyalogos átkelés baleseti kockázatának vizsgálatára. A modell és a számítógépes program segítségével meghatározta a különböző forgalomtechnikai kialakítású gyalogátkelőhelyek esetén adódó gyalogos várakozási időket és a járművek idővesztését (*Juhász, 2007*).

1981-ben készült vizsgálat illetve az ebből készült tanulmány (*FKBT, 1990*) kimutatta, hogy a kijelölt gyalogos átkelőhelyen a gyalogosok sebessége alacsonyabb, mint a jelzőlámpás átkelőnél.

Thobias Kretz több kutatási eredményét a német PTV cég a VISSIM mikroszimulációs modellbe beépítette. Egy 2012-es Johanssonnal való közös kutatása (*Johansson et al., 2012*) ismerteti, hogy a nagyobb gyalogos tömegek hogyan modellezhetőek, és hogy hogyan kalibrálták a gyalogosok mozgását. A modell alapjait ('Social Force') Helbing és Farkas fektették le még 1995-ben. Eredményeiket publikálták, és a VISSIM szoftverbe beépítésre kerültek (*Helbing et al., 1995, Johansson & Helbing 2007*). Egy svájci kutató kiadvány a gyalogos összefüggéseket mutatja be (*Weidmann, 1993*), aki hasonlóan Knoflacher ausztriai kutatóhoz ismertette a legfontosabb gyalogos paramétereket, főbb létesítményeken az összegyűjtött tapasztalatokat. A könyvben (*Knoflacher, 1995*) és Schopf disszertációjában (*Schopf, 1985*) több érdekes összefüggést is találunk. Az eredmények azt mutatják, hogy a gyalogosok sebessége a testmagasságuk arányában hogyan oszlik meg, illetve a sebességük az időjárástól, az általuk alakult csoport méretétől és a lejtő meredekségétől is függ. A legfrissebb kutatásnak Winnie Daamen (*Daamen, 2004*) holland kutató PhD disszertációja mondható. Ő a gyalogos mozgások jellegzetességeit vizsgálta vasúti átszálló állomáson.

4. A GYALOGOS MOZGÁSOK VIZSGÁLATÁNAK MÓDSZERTANAI, FŐBB ÖSSZEFÜGGÉSEK, ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK ISMERTETÉSE

4.1. Gyalogosok szabálytalan átkelése jelzőlámpás gyalogos átkelőhelyen – főbb jellemzők, viselkedési tulajdonságok

A szabálytalan átkelések büntetése külföldön szigorúbb, Szingapúrban akár börtön, vagy komoly pénzbüntetés is járhat érte. Gyakran tapasztaljuk, hogy zebra közelében, sokszor a tilos jelzés ellenére szaladnak át gyalogosok. A nemzetközi tapasztalatok is azt mutatják, hogy a gyalogosok szabálytalan átkelését nagyon sok dolog befolyásolhatja (rohanó életmód, gépjármű központú szemlélet a tervezésben, kultúra stb.). Nehéz megítélni, hogy a különböző hatások közül melyik az, amelyik leginkább készteti arra a gyalogosokat, hogy szabálytalanul, a zöld jelzést nem megvárva átkeljenek.

Fontos hangsúlyozni, hogy jelen vizsgálat során csak azokat az átkeléseket tekintettem szabálytalanoknak, amelyeket a tilos jelzés alatt kezdtek meg a gyalogosok. 2012 és 2014 között 15 budapesti helyszínen készítettem forgalomfelvételt csúcsidőszakban és csúcsidőszakon kívül. A videó-felvételek 5-10-15 percesek voltak a forgalom függvényében. Az elemzés során arra kerestem választ, hogy mi a legfőbb kiváltó oka a szabálytalan gyalogos átkelésnek. Ok lehet-e az átkelő számított idővesztése, az átkelő hossza, vagy az alacsony forgalom? A követési időközt két jármű, vagy két gyalogos között szokás mérni, amely azt fejezi ki, hogy a két jármű eleje (vagy vége) mekkora idő-különbséggel lép át egy adott vonalon. A szabálytalan gyalogosátkelések elemzésénél bevezettem egy új fogalmat, a kritikus követési időközt¹.

4.2. Jelzőlámpás gyalogátkelőhely zöldidejének felülvizsgálata

A dolgozatban bemutatom a korábbi és a jelenlegi szabályozást a szabad jelzés hosszának meghatározására. Jelenleg ÚT 2-1.211 szerint az átkelési idő meghatározásánál $v=1,34$ m/s átlagos sebességet kell feltételezni, ez nagyon hasonló a német szabályozáshoz. A Magyar Útügyi Műszaki Előírásban pontosan ez szerepel: „*Gyalogosok részére a legrövidebb folyamatos zöld jelzés úgy számítandó, hogy a zöld jelzés időtartama alatt az elsőnek elinduló gyalogos 1,0 m/s sebességgel (leglassúbb gyalogos) az átkelőhely 2/3-áig eljusson. Különleges esetben is azonban*

¹ A fogalom definíciója: az a kritikus időtartam, amíg a jármű eléri a szabálytalan gyalogos és legközelebbi gépjármű által határolt konfliktusterületet. Ez rövidebb, mint a megállási látótávolsághoz tartozó időtartam. Természetesen ideális esetben ekkor a gyalogos a konfliktuszónát már elhagyta.

a szabad jelzés elején induló gyalogosoknak 1,2 m/s sebességgel az átkelőhely felén túl kell jutnia.” Viszont több tanulmány (Hoxie et al., 1994) (Langlois et al., 1997) kimutatta, hogy az átkelési sebességet még az 1,2 m/s-os sebességgel is túlbecsülhetjük, ha a mozgásukban korlátozottak aránya jelentős.

A gyakorlatban a fázisidő terv a forgalomnagyságok figyelembe vételével készül, így a gyalogosok átlagos várakozási idejét a járműforgalom nagysága közvetett módon befolyásolja. A gépjármű forgalomnagyság növekedésével arányosan nő a periódusidő, illetve a járművek zöld jelzéseinek hossza. Összességében megállapítható, hogy a méretezés jelenleg gépjármű-orientált. A jelzőlámpák rövid szabad jelzésének a voltát legjobban azzal tudtam kutatásomban alátámasztani, hogy megmértem a gyalogosok szabad áramlási sebességét. A mérések során megkülönböztettem a sávszámok alapulvételével az átkelőhelyek hosszát. A statisztikai kiértékelés után, a nemzetközi irodalomkutatás eredményeit figyelembe véve javaslatot tettem a szabad jelzések hossza számítási módjának felülvizsgálatára.

4.3. Közterületi gyalogos lépcsők effektív szélességi méretezésének felülvizsgálata

A lépcsők átteresztőképességei erősen különbözőek a hazai és a nemzetközi szakirodalomban. Első lépésben áttekintettem a fellelhető kapacitásokat és méretezési, illetve ellenőrzési módszereket. A fix lépcső átteresztőképességének irodalmi adatai ~2000 fő/h/m körül vannak (Metró Tervezési Irányelv 2000 fő/h/m, egy irányban felfelé 2200 fő/h/m). A részletes adatokat az értekezés tartalmazza. A jelenlegi ÚME méretezési javaslata 6 szolgáltatási szint kategóriát állapít meg, a kategóriák Fruin javaslatával egyeznek meg. A korábbi GYATSZ azt javasolja, hogy az alábbi képlettel határozzuk meg a lépcső hatékony szélességét (fontos kihangsúlyozni, hogy a forgalmak irányát nem különbözteti meg):

$$SZ = \frac{F}{v \cdot D},$$

ahol: sz: lépcső hatékony szélessége (m),

F: mértékadó forgalom (fő/s),

v: a tervezési sebesség (m/s) 0,5 m/s,

D: a tervezési sűrűség (fő/m²) 1,4 fő/m².

Ez a sebesség a magyar és az amerikai méretezési módszertanban LOS C, míg a sűrűséget alapul véve a magyar előírásban LOS D, a HCM-ben LOS E. Fentiek alapján nyilvánvaló volt, hogy a méretezések felülvizsgálatát helyszíni mérésekkel kell kezdenem. A forgalomfelvétel itt is videó kamera képek feldolgozásával készült. A kiértékelésnél két gyalogos csoportot különböztettem meg: fiatalok és középkorúak (jó fizikai állapot), valamint az idősek, kisgyermeket kísérők, babakocsival közlekedők (rosszabb fizikai állapotban lévők, illetve mozgásukban korlátozottak). Csúcsidőben és csúcsidőn kívül is készítettem felvételeket.

4.4. Kijelölt önálló gyalogátkelőhelyek alkalmazásának szimulációs vizsgálata közbenső szigettel és közbenső sziget nélkül két sávós belterületi utakra

A kijelölt gyalogos átkelőhelyek nagyobb keresztmetszeti szélességek esetén közbenső szigettel, kisebb sávszám mellett pedig anélkül létesülnek. Véleményem szerint az esetek egy részében indokolatlanul építünk ki jelzőlámpás átkelőt. Röviden bemutatom a korábbi és a jelenlegi szabályozásokat. A jelenleg érvényben lévő Útügyi Műszaki Előírás 8,5 m pályaszélességig ad ajánlást átkelések megoldására. A különbség az, hogy három különböző sebességkategória alapján lehet a típusok közül választani. A tervezőnek több esetben is mérlegelnie kell. Például 1200 J/h gépjármű forgalom 50 gy/h keresztező gyalogos forgalom kiszolgálható közbenső

szigettel ellátott kijelölt gyalogos átkelővel és jelzőlámpás átkelővel is 50 km/h megengedett sebesség esetében. 300 gy/h, vagy annál nagyobb gyalogos forgalmat 50 km/h sebességnél és 1200 J/h forgalom mellett csak jelzőlámpával lehet átvezetni. A szabályozás megegyezik a német szabályozásban alkalmazott ajánlással (EFA, 2002).

A VISSIM mikroszimulációs modellek alkalmazásához az alábbi méréseket végeztem el. Megmértem a jelzőlámpa nélküli átkelők forgalomlebonyolódását egy és kétirányú gyalogos forgalom esetében. Gyalogos sebességeket mértem három budapesti helyszínen: Bertalan Lajos u., Budafoki út és Etele út. A gyalogosok 60%-a 1,5 m/s sebességgel, vagy ennél lassabban haladt át az átkelőn (n=321, szórás=0,26 m/s). A minimális sebesség 0,8 m/s, a maximális 2,2 m/s volt. A helyszíni mérések után a VISSIM mikroszimulációs szoftverben létrehoztam egy-egy modellt. A program előnye az, hogy ezek után már bármilyen hazai forgalomra ellenőrizhető az adott létesítmény. A mérés során a gyalogosok és gépjárművek átlagos idővesztését gyűjtöttem ki és értékeltem. Az eredményeket a nemzetközi irodalomban talált értékekkel összevettem. Céloom a gyalogosok és a gépjárművek idővesztése alapján, homogén gépjárműforgalom esetén javaslatot tenni arra, hogy mely esetekben lehet két sávós közúti keresztmetszetekre jelzőlámpa nélküli átkelőt létesíteni.

4.5. Közúti vasúti peronok forgalmi helyzetének, szolgáltatási szintjeinek vizsgálata

A Budapesten gyakori a zsúfolt peronok és tömött villamosok ösztökéltek a vizsgálatokra. A disszertációban bemutatom a vizsgált budapesti helyszíneket, ismertetem a forgalomszámlálási eredményeket, a fontosabb definíciókat és a nemzetközi gyakorlatban használt szolgáltatási szint kategóriákat. A hazai szabályozás, a nemzetközi ajánlások, kézikönyvek, peron méretezési eljárások ismertetése után, javaslatot fogalmaztam meg a megállóhelyi peronok szükségesnek tartott szélességére. A javasolt méretek megfelelőségét VISSIM mikroszimulációs programmal ellenőriztem. A hazai közúti vasúti peron méretezésre az ÚME (ÚME, 2009) és a BKV Sárgakönyv ad ajánlást (BKV, 2000). Míg a BKV Sárgakönyv szélsőperonra min. 1,3-1,5 méter² javasol (középperon min 4 m), addig a szabvány 1,8-2 m minimális szélességi méretet ír elő (középperon min 3 m).

Kálvin tér: a peron jelenlegi szélessége 5,6 m (ezt viszont csökkenti a sodrási határ és az oszlopsorok, melyeket az első két ajtón leszálló utasok /Astoria felé/ nem tudnak kikerülni), hossza 33 m, mindkét végén jelzőlámpás gyalogátkelő található. Egyik végén 4 m széles lépcsőn keresztül juthatnak el az utasok az aluljárón keresztül az M3³ metró felé. Az utasforgalom 70%-a a lépcsőn keresztül érkezik a peronra; csúcsidőben nagyon zsúfolt. A mikroszimulációs vizsgálat alátámasztotta azt a tényt, hogy a villamos peron szélessége a Kálvin téren jelenleg nem elegendő. Az ideális szélesség a vizsgált forgalomra 7 méter feletti.

Szent Gellért tér: a villamosmegálló két szélső peronból áll. 2005 előtt épült át, korábbi helyén közbenső peron és szélsőperon is ki volt építve. Jelenleg a peronszélesség 3,00 méter. A tényleges szélességben a védőkorlát és a biztonsági sáv is benne van, az effektív szélesség 2,4 méter, a hosszúság 50 méter. A jelenleg, a vonalon közlekedő szerelvények 26 méter hosszúak. A peron szolgáltatási szintje LOS E 2013-ban. Megfigyeléseim alapján elmondható, hogy a szolgáltatási szintet jelentősen befolyásolja a jelzőlámpa szabad jelzésére várakozó gyalogosok torlódása. Súlyosbítja az a helyzetet, hogy a vágányokon a gyalogosok jelentős része szabálytalanul, a tilos jelzés ellenére kel át.

² Új építésűnél min. 1,50 m

³ A mérés során az M4 metró még nem üzemelt.

4.6. A keresztező gyalogos forgalom hatása a forgalmi sáv kapacitására jelzőlámpás csomópontban jobbra kanyarodó gépjárműforgalomnál

A jelzőlámpás csomópontokban a gyalogos forgalom növekedésével a jobbra kanyarodó sáv kapacitása közös fázis esetén csökken. Az ÚME a sávok típusa (pl.: egyenes és egyenes-jobbra kanyarodó) szerint adja meg a telített forgalomnagyságot, amelyet akkor lehet használni, ha előzetes mérési eredmények nem állnak rendelkezésre. Ezek a tényezők a gyalogos forgalom és a kanyarodó sugár nagyságát is figyelembe veszik. A gyalogos forgalom esetében az előírás kategóriái: nincs, kicsi, közepes, vagy nagy a gyalogos forgalom – fontos hangsúlyozni, hogy számszerű értékek nincsenek megadva. A helyszíni mérés és a vizsgálat lehetőséget adott arra, hogy a gyalogos forgalom mértékének függvényében a sávkapacitás effektív csökkenése becsülhető legyen.

A Kálvin tér egy meglehetősen összetett csomópont tömegközlekedéssel, kerékpárosokkal és meglehetősen nagy forgalommal minden irányban. A Fővám tér irányából az Üllői útra kanyarodók és az általuk keresztezett gyalogos átkelő megfelelő választásnak tűnt a fenti szempontok alapján. A geometriai adatok és a jelzőlámpa programja a szimulációban megegyezett a valósággal. A vizsgált helyszín esetében korábbi mérések nem állnak rendelkezésre, ezért a szabvány által előírt adatok felhasználásával lehetett megállapítani a kanyarodó sáv teljesítőképességét. A sáv számított kapacitása csak a szabad jelzést tekintve 167 E/ó/sáv. A jobbra kanyarodó gépjármű és párhuzamos gyalogos forgalom közös fázisának kapacitása 115 E/ó/sáv volt. Az eltérés a szabványtól -52 E/ó/sáv.

5. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

A doktori kutatásom új eredményeit 6 tézisben foglaltam össze:

1. TÉZIS: Szabálytalan gyalogos mozgások elemzése jelzőlámpás átkelőknél

Mérésekkel igazoltam, hogy a szabálytalan gyalogos átkelésnek nem az elszenvedett idővesztés vagy átkelő hossza az oka. Viszont a keresztező gépjárműforgalom és a szabálytalan gyalogosok arányára illesztett logaritmikus függvénykapcsolat determinációs együtthatója közepes erősségű kapcsolatra utal.

Jelzőlámpával szabályozott kijelölt gyalogos átkelőhelyek vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a szabálytalan gyalogosok 87%-a a járműoszlopban haladó utolsó jármű után kel át. A kritikus időköz fogalom bevezetésével rámutattam, hogy nagy baleseti kockázatot vállalnak a szabálytalan gyalogosok.

A szabálytalan átkelést jelzőlámpás gyalogos átkelőhelyeken elemeztem (mértem és kiértékeltem az általam készített videofelvételekről), és összefüggést kerestem a szabálytalan átkelés ténye, az átkelés során várható idővesztés, valamint az átkelő hossza között. A szabálytalanul átkelő gyalogosok és a követő (keresztező) gépjárművek követési időközzeit lemérve az adódott, hogy nagyon nagy kockázatot vállalnak a gyalogosok. Az az időköz, amikor a gyalogosok még lelépnek, sok esetben igen rövid, 2-3 másodperc. A gyalogosok 87%-a járműoszlopban haladó utolsó jármű után lép le a szegélyről. Mérésekkel igazoltam, hogy a szabálytalan gyalogosok átlagsebessége 8%-kal nagyobb, mint a szabályos gyalogosoké.

A szabálytalan átkelésre nem az ösztönzi a gyalogosokat, hogy a jelzőlámpánál az átlagos idővesztésük nagyobb. Viszont közepesen erős függvénykapcsolat adódott az alábbi összefüggésre: a csökkenő gépjárműforgalom mellett növekvő a szabálytalan átkelési arány

($R^2 > 0,5$). Feltevésem szerint az átkelő hossza eltántorítja a gyalogosokat a szabálytalankodástól. Viszont összefüggés nem volt a szabálytalan átkelés aránya és az idővesztés, ill. az átkelő hossza között a vizsgált mintáimban ($R^2 < 0,3$).

Statisztikai próbák segítségével megállapítottam, hogy szignifikánsan több férfi volt arányaiban szabálytalan, mint szabályos. A nők esetében az ellenkezője volt megfigyelhető. A kutatásom során tapasztalt nemzetközi új megoldások hazánkban is megoldást nyújthatnak a városi vasúti átkelőkön [jelzőlámpa átváltása a szerelvény beérkezése után (Graz), jelzőtábla és figyelmeztető felfestés alkalmazása városi kötöttpályás átkelőkön (Frankfurt am Main)].

Tézishez kapcsolódó publikációk: [5] [7]

2. TÉZIS: Gyalogosok tervezési sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás gyalogos átkelőhelyeknél

Mérésekkel igazoltam, hogy a jelzőlámpás gyalogos átkelőnél a gyalogosok sebessége a tervezés során túlbecsült. A leglassúbb gyalogos sebességre 0,75 m/s-ot javasolok alkalmazni.

A mérési eredményeim alapján megállapítottam, hogy az 50 % és 15%-os előfordulási gyakorisághoz tartozó gyalogos szabad áramlási sebességek a sávszám növekedésével lineárisan növekednek. A függvénykapcsolatok determinációs együtthatója szoros kapcsolatra utal, előbbinek értéke $R^2=0,84$, utóbbinak $R^2=0,92$.

A korábbi mérésekkel összevetve eredményeimet megállapítható, hogy az idő elteltével az 50 %-os előforduláshoz tartozó sebesség az elmúlt 30 évben majdnem 10 %-kal növekedett.

Jelzőlámpás átkelőhelyeknél a jelenleg általános gyalogos zöldidő hosszúság rendszeresen kevésnek bizonyul a biztonságos átkeléshez. Ez főleg az idősebb korosztályt érinti hátrányosan. Csúcsidőn kívüli időszakban az idősek aránya a forgalomban nem elhanyagolható. Amennyiben közbenső sziget van, akkor a gyorsabb gyalogosoknak (50%-os előfordulás) az egyfázisú átkelést javasolom biztosítani. Az általam javasolt tervezési sebesség a szabad jelzés és a közbenső idő számításánál használható fel.

Tézishez kapcsolódó publikációk: [12] [7] [1] [14]

3. TÉZIS: Közterületi fix lépcsők szélességi méretezésének korrekciós javaslata

Zsúfolt közterületi fix lépcsőn végzett gyalogos méréseimet összehasonlítottam korábbi vizsgálatokkal, és a mértékadó nemzetközi méretezési módszertanokat áttekintve a jelenleg érvényben lévő méretezési eljáráshoz javasoltam tervezési sebességet (0,65 m/s) I. és II. kategóriájú létesítményekre. A forgalomfelvétel és a gyalogos sebességek részletes kiértékelése után a korábbi hazai méretezési eljárást felülvizsgáltam, és a mérési eredményeim alapján a fent említett kategóriát az alábbiak szerint javasolom méretezni.

$$SZ = \frac{F}{v * D}$$

ahol: SZ: lépcső hatékony (hasznos) szélessége (m)

F - a fajlagos forgalom (fő/s)

v - általam meghatározott tervezési sebesség (m/s) $v_{25\%}=0,65$ m/s

D- sűrűség (fő/m²) I. kat. 0,55 fő/m², II. kat. 0,75 fő/m²

A közterületi lépcsőkön végzett részletes sebességmérésekből megállapítható, hogy a lépcsőn felfelé haladáskor a sebesség jelentősen szűkebb tartományban van a lassúbb (ill. mozgásukban korlátozott gyalogos, ill. kisgyermekkel közlekedő felnőtt) gyalogos csoport esetében. A csúcsidepszakban a lassúbb gyalogosok jelenléte alacsony (<5%).

Nagy forgalmú létesítmények közelében a méretezés nem megfelelő a csúcsóra forgalomra, a csúcs-ötperc és a csúcs-kétperc forgalmát is meg kell vizsgálni. A korábbi gyalogos aluljárókra vonatkozó tervezési irányelvek két kategóriába sorolták a létesítményeket. A két kategóriát javasoltam megtartani a kutatásom során, amelyet I. és II. számmal jelöltem meg. Az I. kategóriájú létesítmények frekvenciált helyen, nagy forgalmú létesítmények közelében létesülnek, és a LOS B szolgáltatási szintre javaslom méretezésüket. A II. kategóriájú létesítmények LOS C szolgáltatási szint kategóriájúak, és a kisebb forgalmú, egyenletesebb forgalom-eloszlású létesítmények csoportját jelentik. Fontos hangsúlyozni, hogy a számítás eredménye a lépcső effektív (hasznos) szélességet adja meg.

Tézishez kapcsolódó publikáció: [12] [14]

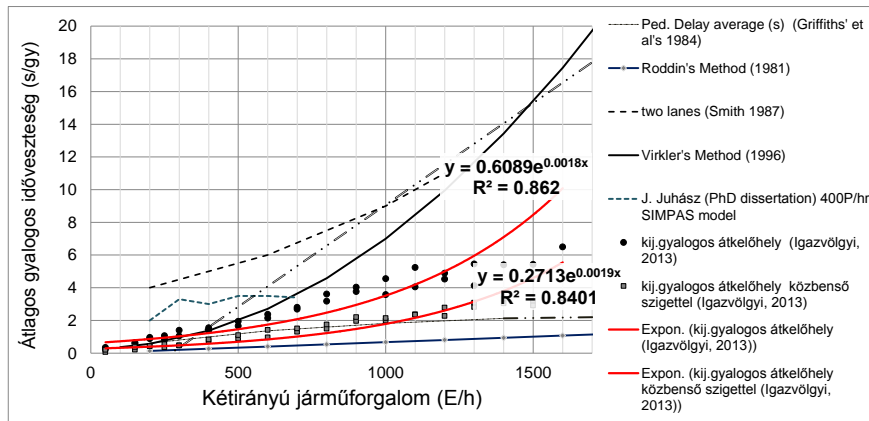
4. TÉZIS: Kétsávós közúton önálló gyalogos átkelőhely típusának kiválasztását elősegítő módszertan kidolgozása

A kétsávós közúton önálló gyalogos átkelőhely típusának kiválasztását elősegítő módszertan dolgoztam ki, amely 50%-os elsőbbségadási hajlandóságot és 50 km/h átlagsebességet feltételez. A mikroszimulációs vizsgálat azt mutatta ki, hogy jelentősebben kisebb idővesztést eredményezett mindkét résztvevő csoport számára a középszigettel történő kialakítás. Az átlagos gyalogos idővesztés exponenciálisan növekszik a gépjármű forgalom növekedésével.

A hazai méretezési módszertanba javaslom az alábbi eredményeket átültetni az amerikai HCM idővesztés alapú szolgáltatási szint kategóriái alapján:

- **600 gy/ó/kétirányú gyalogos forgalomig jelzőlámpás gyalogátkelőhely létesítése nem indokolt, ha a közúti forgalom 1200 j/ó/két iránynál nem nagyobb.**
- **1100 j/h és 1600 j/ó/kétirányú gépjárműforgalom között 600 gy/ó/kétirányú gyalogos forgalomig a középsziget is kielégíti a LOS B szolgáltatási szintet. Jelzőlámpás kialakítás nem indokolt.**

Jelzőlámpás önálló gyalogos keresztezések két sávon történő létesítése nem indokolt minden előforduló esetben. Állításom igazolására adott gyalogos forgalmak vizsgálatához mikroszimulációs modellt készítettem egyirányú és kétirányú különálló gyalogos átkelőhelyekre, eltérő elsőbbségi viszonyokkal (járművezetők 50 %-a ad elsőbbséget). A mikroszimulációs futtatások köre különböző gyalogos és gépjármű forgalmak kombinációit (homogén gépjárműforgalom) tartalmazta. A VISSIM programmal mért átlagos gyalogos idővesztéseket összehasonítottam nemzetközi kutatások korábbi eredményeivel. A függvénykapcsolat trendje azonos, a különbség az eltérő elsőbbségadási hajlandóságokból eredhet.



1. ábra: A mikroszimulációk során mért átlagos gyalogos idővesztés a járműforgalom függvényében, összehasonlítás hazai és nemzetközi adatokkal

A szolgáltatási szint kategóriáknál fontos, hogy követve a HCM módszertanát, a gyalogosok és a gépjárművek által elszenvedett idővesztések együttes figyelembevétele történjék. Mindenképpen rögzíteni szükséges, hogy a triviálisan szükséges feltételek (megállási látóháromszög, átkelőhelyet és sebességsökkentést jelző tábla) megfelelő geometria (sávszűkítéses - ezzel a kritikus terület szűkítése) és figyelemfelhívó felfestés hiányában, azaz a közútkezelői oldal bekapcsolása nélkül a rendszer nem fog hibátlanul működni.

Tézishez kapcsolódó publikációk: [3] [4]

5. TÉZIS: Javaslat közúti vasúti peronok szolgáltatási szintekre történő méretezés bevezetésére Magyarországon

Helyszíni mérésekkel és mikroszimulációs vizsgálatokkal igazoltam, hogy több budapesti közúti vasúti peron szolgáltatási szintje nem megfelelő.

Méretezési módszertant dolgoztam ki a különböző szolgáltatási szintekre, amelynek alapját az általam elvégzett mérések képezték. A méretezés során legalább C szolgáltatási szintet kell biztosítani. A 6 kategória a következő:

Szolgáltatási szint, LOS	D - Sűrűség [fő/m ²]	Kategória leírása
A	$\leq 0,15$	Szabad mozgás, konfliktusmentes várakozás és utascseré
B	$0,15 < D < 0,3$	Az utascseré szinte konfliktusmentes
C	$0,3 < D \leq 0,45$	A peronon a várakozók felülete elegendő, az utascseré elfogadható szolgáltatási szinten történik
D	$0,45 < D < 0,6$	A várakozási felület nem elegendő, de még az effektív hossz mentén várakoznak az utasok, utascseré lassabb a várakozók nagyobb sűrűsége miatt az ajtók környezetében
E	$0,6 < D \leq 0,75$	Zsúfoltság a peronon, a peron kiszolgálása, feltöltődése nem megfelelő
F	$0,75 < D$	Zsúfoltság, konfliktus az utascseré során, a peron kiszolgálása már a várakozó utasnak sem megfelelő

1. táblázat: Javasolt szolgáltatási szint kategóriák a peronok méretezéséhez

A méretezési képlet a következő:

$$SZ_e = \frac{F}{H_e},$$

ahol: SZ_e = a peron effektív szélessége (min és max) [m],

F = a szerelvény beérkezésekor várakozó utasok száma [fő],

D = sűrűség az adott szolgáltatási szinten (min, max) [fő/m²],

H_e = peron effektív hossz [m] (jármű hossza 4 méterrel meghosszabbítva)

A törvényszerűségek megállapítására több budapesti helyszínen készítettem utasszámlálást (leszálló, felszálló, szerelvény beérkezésekor várakozó utasok száma stb.). Megállapítottam, hogy a szolgáltatási szint ezeken a peronokon nem megfelelő. A számlálás alapján készített mikroszimulációs vizsgálatokkal igazoltam, hogy a várakozó utasok nem egyenletesen oszlanak el a peron mentén, a szerelvények ajtó környezeteiben összesűrűsödnek. A peronhoz kapcsolódó, azt kiszolgáló létesítmények (lépcsők, folyosók) jelentősen befolyásolják a peronon kialakuló szolgáltatási szintet.

A vizsgálatok alapján 6 szolgáltatási szint kategóriát javasolok bevezetni hazai alkalmazásra. Az „F” szintet a Szent Gellért téren, az effektív peron hosszon elhelyezkedő 54 utas jelent, amelynél több utas már nem tudott a jármű várható közelében várakozni. A legnagyobb csúcsforgalomból kiindulva a vizsgálatok alapján a peronok megfelelőségének ellenőrzésére sűrűség számítást és szolgáltatási szinteket javasolok bevezetésre.

Tézishez kapcsolódó publikációk: [13] [6] [14]

6. TÉZIS: Jobbra kanyarodó sáv kapacitásának meghatározása a keresztező gyalogos forgalom mértékének függvényében

Mérésekkel meghatároztam, és igazoltam a kanyarodó sáv személygépkocsi kapacitását ~1830 szgk/ó (E/ó). A gyalogosforgalom növekedésével a sávkapacitás logaritmikusan csökken. A mérések alapján az egy fázisra jutó gyalogosforgalmak nagyságát az alábbiak szerint javaslom pontosítani, keresztező jobbra kanyarodó sáv esetén:

- **alacsony gyalogos forgalom: 0-10 fő/min/kétirány, (kanyarodósáv kapacitás maximum 10%-kal csökken)**
- **közepes gyalogos forgalom 10-20 fő/min/kétirány, (kanyarodósáv kapacitás 10-40%-kal csökken)**
- **magas gyalogos forgalom 20 fő/min/kétirány, (kanyarodósáv kapacitás több mint 40%-kal csökken).**

Jobbra kanyarodó sáv kapacitására a jelenlegi szabályozás csak közelítő értéket ad meg, és a keresztező gyalogos forgalom mértékével nem foglalkozik. A mérések alapján megállapítottam, hogy egyértelmű, jól leírható és mérhető összefüggés van a jobbra kanyarodó irány kapacitása és a keresztezett (párhuzamos) gyalogosforgalom között jelzőlámpás csomópontokban. A mérés és a VISSIM mikroszimuláció egyaránt azt mutatta, hogy a jelenleg érvényben lévő útügyi műszaki előírásban a javasolt sávkapacitás a valóságostól jelentősen eltér. A közös gyalogos és jobbra kanyarodó gépjármű fázis kapacitása a jelentős gyalogosforgalom miatt nagyon lecsökken (jobban, mint azt az előírás becsüli).

Tézishez kapcsolódó publikáció: [9]

6. EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA, TOVÁBBI KUTATÁSI LEHETŐSÉGEK

Az eredményekkel, felhasználásuk esetén, a gyalogos kapcsolatok szolgáltatási szintje és ezzel forgalombiztonságuk növelhető. Közúti vasúti peronoknál érhető el a legszámottevőbb változás, ugyanis ezekre a létesítményekre hazánkban méretezési módszer nincs. A közös jelzőlámpás és gyalogos fázis alkalmazásánál a járművek visszatartó hatásától nem lehet eltekinteni. A

vizsgálati eredmények felhasználhatóak a későbbiek során hasonló kialakítású jelzőlámpás csomópontok kapacitásszámításához.

A jelzőlámpás gyalogos átkelő szabad jelzésének méretezési javaslata nagymértékben növeli a gyalogosok biztonságérzetét. A zöld idők növekedése azonban a járműforgalom szempontjából kapacitáscsökkenéssel jár. A jelzőlámpás átkelőknél előforduló szabálytalan gyalogos átkelések elemzése a későbbi forgalombiztonsági kampányoknál vehető figyelembe. Ugyanis a kampányoknál a célcsoport és a helyszínek kiválasztása kiemelt fontosságú. A 2x1 sávós közutakon, a különálló gyalogos átkelők esetében nem minden esetben szükséges jelzőlámpás kialakítás. A kijelölt gyalogos átkelőhelyek középszigettel való kiegészítésével is nagymértékben csökken a résztvevők idővesztése.

A különszintű mozgásokkal összefüggő kitérítési hányadhoz, a veszített magasságok elemzéséhez kapcsolódóan további kutatási lehetőségek vannak. Amennyiben mindenképpen szükséges ez a kitérítés, abban az esetben ezt valamilyen eszközzel támogatni kell. Ilyen megoldás lehet a mozgólépcső beépítése már a 3 méter szintkülönbség esetén is, és mindkét irányban. A budapesti M3 metró vonalán a komfortérzetet jelentősen növelné, ha az aluljáróból a metróvonalon történő gyalogos forgalom átbújtatását nemcsak hegymenetben biztosítanák (pl. Árpád-híd, Gyöngyösi utca megálló).

A közösségi közlekedés peronjain olyan további beavatkozásokat lehet a jövőben megvizsgálni, mint például a peronon felfestett, kijelölt várakozási felületek, valamint annak jelölése, hogy a szerelvény beérkezése után várhatóan hol lesznek az ajtók. Ezek a megoldások külföldön már léteznek, ki és beszálláskor a tolokodást csökkentik, az utascere sebességét növelik. A peronok kapcsán a nagyobb forgalmú buszmegálló várakozás felületét is érdemes lenne felülvizsgálni. A további kutatás során az akadályok hatásait is lehetne pontosítani, ezek például az esőbeálló elhelyezése és kialakítása (oldalfal plusz akadályt jelent), szélső peronok esetében a folytonos védőkorlát forgalom befolyásoló szerepe.

7. HIVATKOZÁSOK A TÉZISFÜZETBEN

Ábrahám et al. (1982) 'Metró kézikönyv', Budapest Műszaki Könyvkiadó

Berényi, J. (1988) Gyalogosforgalmi áramlatok modellezése közlekedési létesítmények forgalmi tervezéséhez, Kandidátusi értekezés Budapest

BKV Sárga könyv (2000) Közúti vasúti pályaépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások, Budapest, Fővárosi Közlekedési Felügyelet

Daamen, W (2004) Modelling Passenger Flows in Public Transport Facilities, PhD disszertáció Delft, Netherland

EFA (2002) Empfehlungen für Fußgängerkehrsanlagen, FGSV, p 288

FKBT (1990) 'Idősek közlekedési szokásjellemezői', Budapest (kivonat) p. 6

Fruin, J. (1971). Designing for pedestrians: A level of service concept. Highway Res. Rec. (35) pp. 1-15.

GYATSZ Gyalogos aluljáró tervezési irányelvek Közlekedési Dokumentációs Vállalat Budapest, 1976

HCM (2010) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, United States of America ISBN 978-0-309-16077-3 National Research Council.

Helbing, D., Molnár, P. Social force model for pedestrian dynamics II. Institute of Theoretical Physics, University of Stuttgart, 70550 Stuttgart, German Phys. Rev. E 51, pp. 4282–4286 (1995) DOI: 10.1103/PhysRevE.51.4282

- Hoxie, R. E., Rubenstein, L. Z., Hoenig, H., & Gallagher, B. R. (1994). The older pedestrian. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(4), pp 444-450.
- Johansson, A., Kretz, T. (2012) *Applied pedestrian modeling Agent-based models of geographical systems* pp. 451-462, Springer Netherlands
- Johansson, A.; Helbing, D.; Shukla, P.K. (2007): Specification of the Social Force Pedestrian Model by Evolutionary Adjustment to Video Tracking Data. In: *Advances in Complex Systems* 10(4), S. pp. 271–288
- Juhász, J. (2007): A közúti közlekedés áramlásának és a gyalogos átkelés baleseti kockázatának vizsgálata a gyalogátkelőhelyek környezetében. PhD disszertáció. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
- Knoflacher, H. (1995) *Fussgeher- und Fahrradverkehr Planungsprinzipien* Böhlau Verlag Wien – Köln-Weima
- KSH, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012. Központi Statisztikai Hivatal Közlekedési balesetek évkönyvek, Budapest
- Langlois, J. A., Keyl, P. M., Guralnik, J. M., Foley, D. J., Marottoli, R. A., & Wallace, R. B. (1997). Characteristics of older pedestrians who have difficulty crossing the street. *American journal of public health*, 87(3), pp. 393-397.
- Metró tervezési irányelvek (1969) Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium, Budapest, p118.
- Navin, F.P.D., and Wheeler, J. (1969). Pedestrian flow characteristics. *Traffic Engineering & Control*, Vol. 39, No. 9, pp. 30-36.
- Oeding, D. (1963). Traffic loads and dimensions of walkways and other pedestrian circulation facilities. *Strassenbau and Strassenverkehrstechnik*, 22, pp. 160-163.
- Older, S.J. (1968). Movement of pedestrians on footways in shopping streets. *Traffic Engineering & Control*, Vol. 10, No. 4, pp. 160-163.
- Schopf J. M. (1985) 'Bewegungsabläufe, Dimensionierung und Qualitätsstandards für Fußgänger, Radfahrer und Kraftfahrzeugverkehr', doktori disszertáció, Technische University Wien
- ÚME (2009) ÚT 2-1.212 - A közúti közösségi közlekedés (tömegközlekedés) pályáinak, utas- és járműforgalmi létesítményeinek tervezése. Magyar Útügyi Társaság. Budapest.
- ÚME (2009): ÚT 2-1.211 – Gyalogos forgalom közúti létesítményeinek tervezése. Magyar Útügyi Társaság. Budapest.
- Városi közlekedési kézikönyv (1984) Nagy, E., Szabó, D. Budapest, Műszaki Könyvkiadó 5. fejezet pp. 124-150
- Weidmann, U (1993) *Transporttechnik der Fussgänger*, IVT, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau, Zürich, DOI:10.3929/ethz-a-000687810

A szerző publikációi az értekezés témakörében

Külföldön megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk

[1] Zs. Kovács Igazvölgyi, M. Juhász, Analysis of pedestrian accessibility and traffic safety through innovative data collection. *Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft – ÖZV* 4:(6) pp. 20-25. (2013)

[2] Zs. Igazvölgyi, P. Bocz, Z. Soós, Analysing pedestrian connections on public transportation network in Budapest, evaluation based on examples from Vienna *Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft – ÖZV* (megjelenés alatt)

Magyarországon megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk

[3] Zs. Kovács Igazvölgyi Analyses of pedestrian characteristics at zebra crossings on one way roads. *Pollack Periodica* 8:(2) pp. 67-76. (2013) doi: 10.1556/Pollack.8.2013.2.8

[4] Fi, I., Kovács Igazvölgyi, Zs. Travel time delay at pedestrian crossings based on microsimulations. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol 58. No. 1. pp. 47-53. (2014) doi: 10.3311/PPci.7406

[5] Zs. Kovács Igazvölgyi, Pedestrians Jaywalking at Traffic Light Controlled Crossings in Budapest., *Magyar Építőipar*, XXI: (1) pp. 29-33., BME Út és Vasútépítési célszáma pp. 29-33 (2014) (ISSN: 0025-0074)

[6] Zs. Kovács Igazvölgyi Pedestrian's Level of Service on tramline platforms in Budapest *Pollack Periodica* Volume 10, Number 1/April 2015 pp. 93-102, DOI 10.1556/Pollack.10.2015.1.9

Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás

[7] Zs. Kovács Igazvölgyi, Irregular pedestrian crossings' behaviour analyse in Budapest, : European Transport Conference 2014., Frankfurt, Németország, 2014.09.28-2014.10.01. Association for European Transport, 2014. pp. 1-14. (ISSN: ISSN 2313-1853)

[8] Zs. Igazvölgyi, The result and effect of the international road safety campaigns for vulnerable road users. CERSC 2012: Conference on Effectiveness of Road Safety Campaigns. 178 p., Budapest, Magyarország, 2012.05.08-2012.05.10. 2012. pp. 29-37. (ISBN: 978-963-08-4186-3)

Magyar nyelvű folyóiratcikk

[9] Kovácsné Igazvölgyi Zs., Barna Zs., Kisgyörgy L., Egyidejű jobbra kanyarodó gépjármű és párhuzamos gyalogosmozgás összefüggéseinek vizsgálata jelzőlámpás csomópontokban, *Magyar Építőipar* LXIV: (6) pp. 267-272. (2014) (ISSN: 0025-0074)

[10] Kovácsné Igazvölgyi Zs., *Hazai gyalogosbaleset típusok elemzése és összehasonlítása korábbi vizsgálatokkal*. *Útügyi lapok: a közlekedésépítési szakterület mérnöki és tudományos folyóirata* 2:(2) Paper 3. (2013) (ISSN 2064-0919).

Helyi részvételi rendezvény kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás

[11] Zs. Kovács Igazvölgyi, *Pedestrian's level of service at zebra crossings*. In: Józsa János; Németh Róbert; Lovas Tamás (szerk.) *Proceedings of the Second Conference of Junior Researchers in Civil Engineering*. Budapest, 2013.06.17-2013.06.18. pp. 271-276.

[12] Zs. Kovács Igazvölgyi, *Analysis of the characteristics of pedestrian movements (speed, space, density) on signalized crosswalk and stairways*. *International Transport Conference for Engineers and PhD Students: Conference Book*. 108 p. Budapest, 2012.06.12 pp. 41-49. (ISBN:978-963-313-069-8; 978-963-313-068-1)

Magyar nyelvű, kiadványban megjelent konferencia-előadás

[13] Kovácsné Igazvölgyi Zs., *Nemzetközi villamos peron méretezési módszertanok összehasonlítása, és ennek alapján méretezett budapesti Kálvin téri peron mikroszimulációs eredményeinek ismertetése*, 4. Közlekedéstudományi hallgatói és PhD konferencia, Budapest, 2014.06. pp. 35-41. (ISBN:978-963-313-131-2).

Megjelenés alatt lévő publikáció

[14] Kovácsné Igazvölgyi Zs., *Kiemelt fontosságú gyalogos létesítmények méretezésének újragondolása*, *Útügyi lapok: a közlekedésépítési szakterület mérnöki és tudományos folyóirata (megjelenés alatt)*