



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR
KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA DOLGOZAT

A MOL Bubi „közbringa” rendszer forgalmi adatainak
adatbányászati és térinformatikai elemzése
üzemeltetési és fejlesztési szempontból

Béres Orsolya Katalin

Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

2017

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1 Bevezetés	5
2 Irodalomfeldolgozás	7
2.1 Közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek kialakulása és történeti fejlődés	7
2.2 A MOL Bubi rendszer.....	10
2.3 A közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek korábbi vizsgálati módszerei	14
2.3.1 Adatbányászati vizsgálati módszerek	14
2.3.2 Térbeli vizsgálati módszerek.....	16
3 A vizsgálati módszertan	17
3.1 Az adatbányásatról általánosan	17
3.2 A használt speciális szoftverek ismertetése	18
3.2.1 RapidMiner	18
3.2.2 WEKA	19
3.2.3 QGIS	19
3.3 A kapott adatbázis és a tisztítás módszertanának ismertetése	19
3.4 A tervezett elemzések módszertana.....	21
3.4.1 A felhasznált adatbányászati algoritmusok jellemzése.....	21
3.4.2 Térinformatikai adatbázis létrehozása.....	23
3.4.3 A rendszer általános elemzésének módszere	25
3.4.4 Gyűjtőállomások működésére vonatkozó elemzések módszere	26
4 Eredmények.....	30
4.1 A rendszer általános elemzése.....	30
4.1.1 A napi forgalmi adatok naptári jellegzetességektől való függősége.....	30
4.1.2 A napi forgalmi adatok időjárási jellegzetességétől való függése	33
4.1.3 A bérlési jellegzetességek napi eloszlása	37
4.2 Gyűjtőállomások működésére vonatkozó vizsgálatok	40
4.2.1 Gyűjtőállomások viselkedése az egyes napszakokban	40
4.2.2 Gyűjtőállomások éjszakai forgalmának és az állomások közelében található szórakozóhelyek számának kapcsolata.....	45
4.2.3 Gyűjtőállomások átlagos napi forgalmának és az állomások közelében lévő vonali kerékpáros infrastruktúra hosszának kapcsolata	47

4.2.4	Gyűjtőállomások délelőtti érkező forgalmának és az állomások közelében elhelyezkedő oktatási intézményeknek a kapcsolata	49
4.2.5	Gyűjtőállomások átlagos napi forgalmának és az állomások közelében lévő zöldfelület nagyságának kapcsolata	53
4.3	Kapott eredmények összefoglalása.....	54
5	Üzemeltetési és fejlesztési ajánlások.....	56
6	Összefoglalás.....	59
	Felhasznált irodalom.....	61
	Ábrajegyzék	64
1.	Melléklet: A 2015-ben működő gyűjtőállomások az állomások átadásának időpontja szerint	1
2.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - naponta átlagosan felvett kerékpárok száma.....	2
3.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - naponta átlagosan leadott kerékpárok száma.....	3
4.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délelőtt (6:00 és 12:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma.....	4
5.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délelőtt (6:00 és 12:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma	5
6.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délután (12:00 és 18:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma.....	6
7.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délután (12:00 és 18:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma	7
8.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - este (18:00 és 0:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma.....	8
9.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - este (18:00 és 0:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma	9
10.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - éjjel (0:00 és 6:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma.....	10
11.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - éjjel (0:00 és 6:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma	11
12.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkanapokon átlagosan felvett kerékpárok száma	12
13.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkanapokon átlagosan leadott kerékpárok száma	13
14.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkaszüneti napokon átlagosan felvett kerékpárok száma.....	14

15.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkaszüneti napokon átlagosan leadott kerékpárok száma	15
16.	Melléklet: Az egyes évszakokban előforduló napi bérlésszámok.....	16
17.	Melléklet: Az egyes hónapokban jelentkező napi bérlésszámok eloszlása.....	17
18.	Melléklet: Az egyes évszakokban naponta kerékpározással töltött idő.....	18
19.	Melléklet: Az egyes hónapokban naponta kerékpározással töltött idő.....	19
20.	Melléklet: Az egyes naptípusokon jelentkező napi bérlésszám	20
21.	Melléklet: A napi kerékpározással töltött idő és a napi időjárás összefüggése.....	21
22.	Melléklet: A napi kerékpározással töltött idő és a napi széltípus összefüggése	22
23.	Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi maximum hőmérséklettől	23
24.	Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi minimum hőmérséklettől	24
25.	Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi átlagos szélesebségtől	25
26.	Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése az időjárástól.....	26
27.	Melléklet: Teljesen különálló, vagy gyalogos járdától jól megkülönböztetett kerékpárút gyűjtőállomás közelében lévő hosszának hatása az átlagos napi forgalomra 27	
28.	Melléklet: Teljesen különálló, vagy gyalogos járdától jól megkülönböztetett kerékpárút gyűjtőállomás közelében lévő hosszának hatása az átlagos napi forgalomra - térképi megjelenítés.....	28
29.	Melléklet: A gyűjtőállomások 300 méteres környezetében lévő zöld felületek és az átlagos napi forgalom összefüggése	29
30.	Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 7:00 és 8:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata	30
31.	Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 8:00 és 9:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata	31
32.	Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 9:00 és 10:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata	32
33.	Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer üzembe helyezése óta eltelt hónapok bérlésszámai.....	33

Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönettel tartozom Dalos Péternek, a Budapesti Közlekedési Központ MOL Bubi termékmenedzserének a forgalmi adatok rendelkezésemre bocsátásáért, a hasznos tanácsokért és ötletekért. Segítsége nélkül jelen dolgozat nem valósulhatott volna meg.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani a tanszéki konzulensemnek, Dr. Tettamanti Tamásnak, aki sokrétű szakmai tapasztalatával, magas szintű hozzáértésével hozzájárult a dolgozatom elkészítéséhez.

1 Bevezetés

Napjainkban a kerékpározás újra egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Mondhatjuk, hogy szinte reneszánszát éli. Európa lakosságának közel háromnegyede városokban él, amely városok a motorizációs szint emelkedésével nem csak közlekedési, de környezeti problémákkal is küzdenek. Ezekre a problémákra nyújthatnak megoldást a kerékpáros-, és gyalogos infrastruktúra fejlesztések, a közösségi közlekedési-, és megosztáson alapuló rendszerek, valamint az intelligens megoldások alkalmazása.

Jan Gehl, koppenhágai várostervező így ír könyvében: „*Megformáljuk városainkat - aztán azok formálnak minket*”[61]. Jól mutatja kijelentése, hogy az egyes közlekedési fejlesztések kínálati rendszerben működnek. Ha egy közlekedési alágazatnak a fejlesztések által kedvezünk, akkor szimpatikusá válik a felhasználók szemében. Így ha kerékpárosbarát intézkedéseket folytatunk, akkor elérhető, hogy azok is két kerékre üljenek, akik korábban elképzelhetetlennek tartották ezt. Ez gyakorlatilag igénygenerálás vagy igénybefolyásolás, amelyet a fenntartható közlekedés biztosítása érdekében teszünk.

A kerékpározás több szempontból is pozitívumot jelent a városi lakosság körében. A „soft” közlekedési módok használatával csökkenthető a gépjárművek száma a városi utakon, ezáltal a torlódás mértéke, így pedig a károsanyag-kibocsátás és a zajszennyezés. A kerékpározás intenzív testmozgás, amely hozzájárul az emberi egészség fenntartásához. Vonzó, gyors közlekedési alternatívát jelent, amely nem csak a fiatalok körében lehet népszerű.

Korábban Budapesten a kerékpáros fejlesztések hiánya miatt szinte csak szubkultúraként jelent meg a városi kerékpározás, azonban ma már a kerékpáros újításoknak köszönhetően nem csak egy társadalmi csoport ül két kerékre. Egyik ilyen fontos közlekedésfejlesztési projekt volt a MOL Bubi közösségi kerékpáros közlekedési rendszer üzembe helyezése 2014-ben.

Az, hogy egy közösségi kerékpáros közlekedési rendszer sikeresen fog-e működni a jövőben már a tervezés első fázisaiban eldől. Hiszen ahhoz, hogy egy rendszer jól kihasználts és megtérülő legyen, megfelelő helyszínre kell tervezni az állomásokat, amelyek közel esnek forgalomvonzó létesítményekhez, minőségi eszközbeszerzést és telepítést kell végezni, illetve jól működő, üzemeltetői és felhasználói szempontból is könnyen kezelhető informatikai háttérrel szükséges létrehozni. Ezek mellett természetesen elengedhetetlen a lakosság kerékpározási hajlandóságának megléte is.

Az idén harmadik születésnapját ünneplő MOL Bubi rendszer már bizonyított, rendkívül népszerű a budapesti lakosság körében. A rendszer bővülőfélben van, a nyitás óta 48 állomással és 386 kerékpárral bővült a rendszer. Az előrejelzések szerint további bővítések, fejlesztések várhatóak. [33]

A rendszer üzemeltetésében a legnagyobb kihívást a gyűjtőállomáson lévő kerékpárok és szabad dokkoló állások számának elosztása jelenti. Aktív Bubi felhasználóként magam

is gyakran tapasztalom, hogy az állomások teljesen üresek, vagy telítettek, vagy pedig éppen bérlés nem kezdeményezhető az adott állomáson. A rendszer sikere szempontjából fontos, hogy a fejlesztések és bővítések jól átgondoltak legyenek, a jelentkező igények kielégítését szolgálják. Gazdaságilag pedig nagy kérdés, hogy kik alkotják a rendszerbe bevonható felhasználók csoportját, illetve hogyan lehet bővíteni azok körét.

A fenti problémák megoldásához fontos az eddigi tapasztalatok és felgyűlt adatok megfelelő áttekintése és megértése. Ehhez adatbányászati módszerek alkalmazása javasolt. Az adatbányászat használatával ugyanis olyan összefüggések is feltárhatók a forgalmi adatokban, amelyek más módszerrel nem jeleníthetők meg. Az adatbányászat tehát nem csak egyszerű adatbázis-vizsgálatot, hanem az adatok részletes analízisét és rejtett összefüggéseinek feltárását is jelenti különböző gépi tanuló algoritmusokon keresztül. Más városok közösségi kerékpáros közlekedési rendszereinek részletes forgalmi elemzése bizonyítja, hogy az üzemeltetési hiányosságok javíthatók, a felhasználók széles körben megismerhetők. Továbbá a városi kerékpározási szokások jól feltérképezhetők, jelentős segítséget nyújtva a közlekedéstervezőknek.

Dolgozatomban egy részletes történelmi és módszertani áttekintés után a 2015-ös év Bubi bérlési adatait vizsgálom meg többféle szempontból. Egyrészt általános megállapításokat teszek a rendszerhasználatra vonatkozóan, majd adatbányászati és térinformatikai elemzést végzek. Többek között az egyes gyűjtőállomások forgalmi jellegzetességeire, területi függőségekre és jellegzetes bérlési szokásokra szeretnék hangsúlyt fektetni.

Végül a vizsgálatok eredményei által ajánlásokat, fejlesztési lehetőségeket teszek a rendszer jövőbeli megújítása és a gördülékeny üzemeltetés elérése érdekében.

2 Irodalomfeldolgozás

2.1 Közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek kialakulása és történeti fejlődés

Manapság a közösségi kerékpáros rendszerek az egyik legdinamikusabban fejlődő közösségi közlekedési alternatívát jelentik[1].

A közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek olyan közösségi szolgáltatást nyújtanak, amely környezetkímélő, gazdaságilag fenntartható, kiegészíti a helyi közösségi közlekedési rendszert és alternatívát nyújt az egyéni gépjármű közlekedéssel szemben. Rövid, egyirányú mozgások tehetőek meg a rendszer kerékpárjaival, amelyek bármely állomáson felvehetőek és bármely állomáson dokkolhatóak.

A kerékpározás, mint közlekedési eszköz a teljes közlekedési rendszerre és az emberi egészségre gyakorolt pozitív hatását Nyugat-Európában már az 1960-as években komolyan figyelembe vették. Az akkoriban kialakuló közlekedési és környezeti problémák megoldási alternatívájaként tekintettek a kerékpárra. A kerékpározás és a megosztáson alapuló rendszerek összemosódásával 1965-től beszélhetünk közösségi kerékpáros rendszerekről.

A közösségi kerékpáros rendszereket fejlődési szempontból áttekintő történeti elemzések négyféle fejlődési állomást, generációt különböztetnek meg [5][6][26]. A rendszerek történelme 1965-re nyúlik vissza, amikor Amszterdamban Luud Schimmelpennink 50 fehér kerékpárt helyezett közterületre, amelyek bárki számára igénybe vehetőek voltak. Azonban a kerékpárok sajnos hamarosan a tolvajok és vandálok áldozataivá váltak. Később több európai nagyvárosban, például Cambridgeben 1993-ban és La Rochelle-ben 1976-ban megjelentek kerékpáros könyvtárak, ahonnan kaució és okmányok leadása után több órára el lehetett vinni a kerékpárokat. Ezek a rendszerek tekinthetőek az első generációs közösségi kerékpáros rendszereknek, amelyek közösségi felelősség alapján működtek, nem rendelkeztek speciálisan kialakított dokkoló állásokkal, illetve felhasználói azonosító rendszerekkel. A rendszer működése azért is kedvezőtlen volt, mert mindenképp a felvételi helyre kellett a kerékpárt visszavinnie a felhasználónak.

Később egyedi kerékpárokat alkalmaztak a rendszer kiépítésekor, amelyek érmével működtek. 1991-ben Farsø and Grenå városokban Dániában, majd a fővárosban, Koppenhágában 1995-ben alakult ki a Bicyklen jelentősebb méretű közbringa rendszer. Ezek esetében már léteztek kijelölt felvevő-, és leadóhelyek, azonban a kerékpárok használata ingyenes volt. Rendkívül egyszerű rendszerek voltak, kis telepítési költséggel. Történeti szempontból ezek a típusú rendszerek alkotják a közösségi kerékpáros rendszerek második generációját.

A közbringa rendszerek harmadik generációjának megalkotásához már komoly infokommunikációs technológiai háttérre volt szükséges. A vandalizáció és a lopások

elkerülése érdekében szintén egyedi kerékpárokat alkalmaztak. A rendszer használatához okos kártya alapú hozzáférés szükségeltetett. A kártyákat a felhasználók a rendszerbe való beregisztrálásuk után vehették kézbe, így ellenőrzötté vált a kerékpárok használata. Az első okoskártyán alapuló rendszer a "Vélo à la Carte" nevű Rennes-ben, Franciaországban 1998-ban bevezetett közbringa rendszer. Később több hasonló rendszer bevezetése is megtörtént Franciaországban: Lyonban 2005-ben és Párizsban 2007-ben.

A negyedik generációs közösségi kerékpáros rendszerek pedig már komplex, integrált információs rendszerrel rendelkeznek. A kerékpárok használata teljes folyamatában felügyelt, mivel rendelkeznek fedélzeti számítógéppel, amelyek képesek információt küldeni térbeli helyzetükről. A bérlésre többféle módon van lehetőség: okos kártyákkal, azonosító kóddal vagy mobiltelefon alapú hozzáféréssel. A kerékpárok gyűjtőállomásai szintén rendszerbe vannak kapcsolva, ezáltal valós időben látható egy központi számítógépen az állomások kihasználtsága. A negyedik generációs közbringa rendszerek további előnyöket is rejtenek magukban: a rendszerelemek könnyen bővíthetők, illetve áthelyezhetők. A felhasználás folyamata monitorozott, ezáltal intelligens algoritmusok segítségével előrebecsülhető a forgalom, amely megkönnyíti a karbantartás és a logisztika folyamatát. Továbbá az állomások energia felhasználása napenergiából is származhat. Az ilyen típusú rendszerek legnagyobb attraktivitása azonban az elektromos kerékpárok használati lehetősége [26].

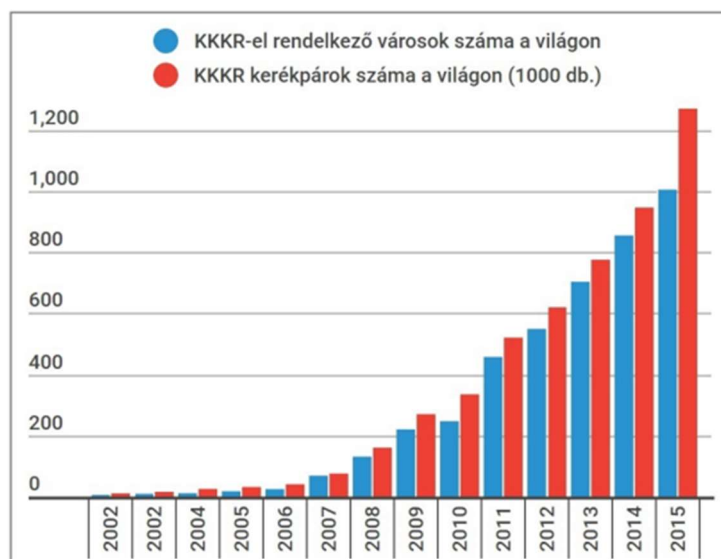
Számos tanulmány elemezte a közbringa rendszerek hatását a városok mobilitására. A kerékpáros utazások százalékos aránya például Barcelona esetében a 2005-ös 0,7%-ról 2007-re 1,76%-ra nőtt [32], Párizsban a 2001-es 1,0%-os kerékpárhasználati arányról 2,5% -ra emelkedett 2007-re [27].

Jelenleg a térképen is látható, hogy mennyi kerékpáros rendszer működik Európában. A zöld jelzés jelöli a működő, a piros a nem működő, a kék pedig a tervezett, vagy átalakítás alatt lévő rendszereket. Főleg Közép- és Nyugat-Európában van nagy sikere a közbringa rendszereknek, Dél-Európában sajnos nem megfelelő előkészítés miatt több rendszer is elbukott.



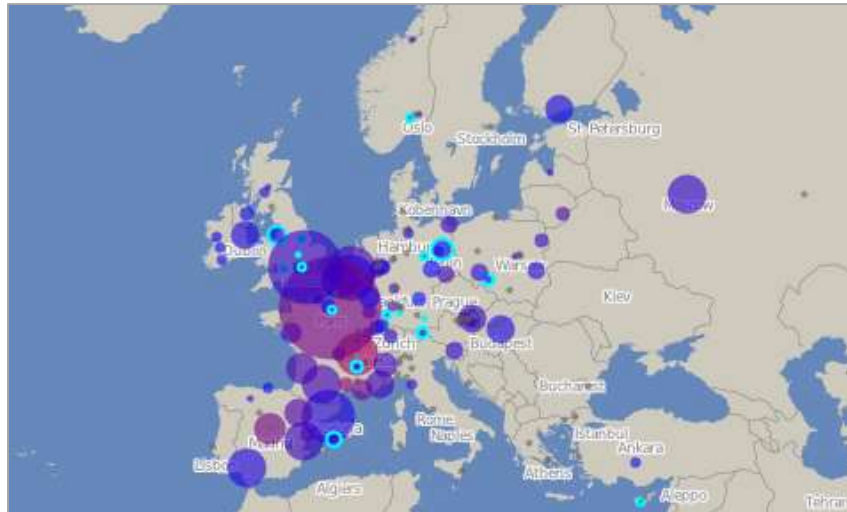
1. ábra - Közösségi Kerékpáros Közlekedési Rendszerek Európában (Forrás: The Bike-sharing World Map 2017 szeptember)

A növekedési tendenciája a közbringa rendszereknek a következő ábrán látható. A 2002-es állapotok után 2015-re több mint 1 200 000 darab közösségi kerékpár és körülbelül 1000 működő rendszer szolgálja ki a kerékpározni vágyók igényeit [20].



2. ábra - Közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek száma a világon (Forrás:[20])

A világ legnagyobb közbringa rendszerével Kína büszkélkedhet, a Hangzhou Public Bicycle több mint 3500 állomással és 84000 kerékpárral rendelkezik. Európában az élharcos a párizsi Vélib rendszer, amely nemcsak az elképesztő méretű lefedettségével, hanem a különleges gyermek kerékpárokkal vívja ki előkelő helyét a közbringa palettán[11].



3. ábra - Európa közbringa rendszerei méret szerint (Forrás: <http://bikes.oobrien.com/global.php#zoom=3&lon=4.8082&lat=54.4375>)

Magyarországon jelenleg 10 működő rendszer található, melyek közül kettő zárt körűen működő rendszer (a budapesti TELEBIKE, amely Telekom dolgozók számára és a debreceni UNIBIKE, amely egyetemisták számára biztosít alternatívát), illetve egy kifejezetten turisztikai szempontok szolgál ki (GreenBike rendszer – Ós-Dráva). A további hat rendszer nagyobb városokban működik. (MOL Bubi – Budapest, GyőrBike – Győr, Citybike – Kaposvár, CityBike – Szeged, HEBI – Hévíz, EBI – Esztergom, KanizsaBike - Nagykanizsa). Ezek közül a legjelentősebb a MOL Bubi rendszer[21].

2.2 A MOL Bubi rendszer

A MOL Bubi rendszer Budapest első, a nagyközönség számára is elérhető közösségi kerékpáros közlekedési rendszere. A MOL Bubi a közbringa rendszereknek megfelelően működik: érvényes bérlet vagy jegy ellenében bármelyik gyűjtőállomásra elvihetőek a kerékpárok bármelyik gyűjtőállomásra.



4. ábra - A MOL Bubi közbringa rendszer Dózsa György úti állomása

A rendszer létrehozásáról már 2008-ban tárgyalt a fővárosi önkormányzat, azonban 2011-re született meg a tényleges határozat. 2013-ban zajlottak le az eszközbeszerzési tenderek, majd 2014 tavaszára készültek el a gyűjtőállomások és az egyedi almazöld színű kerékpárok. Az éles üzem előtt két hónapig kétezer felhasználó általi tesztüzem zajlott. A rendszert 2014. szeptember 8-án adták át ténylegesen a budapesti publikum számára.

Az induláskor összesen 76 gyűjtőállomáson, 1100 kerékpárt lehetett használni, majd 2015-re 99 gyűjtőállomásra és 1150 kerékpárral bővült a rendszer. Idén, 2017-ben a FINA vizes-világbajnoksághoz kapcsolódva újabb 12 gyűjtőállomással bővült a rendszer. Jelenleg tehát a 124 gyűjtőállomásból és 1486 kerékpárból álló rendszer a legnagyobb közbringa rendszer Magyarországon.

A Budapesti Közlekedési Központ a Budapest Főváros Önkormányzata által megbízott üzemeltetője a rendszernek, azonban a tényleges üzemeltetői feladatokat a Közbringa Kft. végzi, az informatikai háttér üzemeltetésében a T-Systems Magyarország Zrt. működik közre. A kerékpárok karbantartását a Csepel Kerékpárgyártó Zrt. látja el.

A közbringa rendszerek döntő többsége a következő négy elkülöníthető egységre bontható: terminálok, dokkolók, kerékpárok és az informatikai rendszerháttér.

A MOL Bubi rendszer gyűjtőállomásai nem mind rendelkeznek terminállal. Mindössze az állomások 44%-a rendelkezik érintőképernyős kijelzővel és POS terminállal. A POS terminálnak köszönhetően a terminálokön jegyvásárlás lehetősége adott bankkártyás fizetéses formában. Az áramellátás szempontjából fontos kiemelni még a terminálok tetején elhelyezkedő napelemeket, a biztonsági intézkedések miatt pedig a gyűjtőállomás környezetének képét rögzítő kamerát. A terminálok adatkapcsolattal rendelkeznek a központi szerver felé.



5. ábra - A MOL Bubi közbringa rendszer terminálja

A dokkoló állások egyszerűen kialakított elemek. Képesek kommunikálni mind a kerékpárokkal, mind a központi szerverrel. Az egységek alapja egy fizikai zár, amely a

kerékpáron elhelyezett dokkolószem dokkoló zárba való becsúsztatásával aktiválódik. Érvényes bérlés indításakor a zár kinyílik és kivehető a kerékpár, a bérlés végeztével pedig érzékeli a kerékpár dokkolószemének jelenlétét a zárban, és automatikusan lezárja a kerékpárt. A dokkolózárak rendelkeznek visszajelző LED-del, és különböző színű villogással jelzik, a bérlés sikerességét és sikertelenségét.



6. ábra - A MOL Bubi közrbinga rendszer egy dokkolóállása

A rendszerben használható egyedi kerékpárokat a Csepel Kerékpárgyártó Zrt. gyártotta. A kerékpárok alkatrészei más kerékpárokból nem felhasználhatóak, így az alkatrészek ellen irányuló lopás kivédhető. A felhasználók nagyobb kényelme érdekében az ülés magasság állítható, többsebességes kivitelűek, kosárral, csomagtartóval, valamint elektromos lakattal rendelkeznek. Alapvető biztonsági elemekkel, mint prizma, lámpa, csengő felszereltek. A kerékpárokat alapvetően városi közegbe tervezték, ellenállnak a zord időjárási körülményeknek, strapabíróak, így bírják a napi többszöri használatot. A MOL Bubi rendszer kerékpárjai GPS jeladóval és RFID olvasóval is rendelkező fedélzeti számítógéppel is ellátottak.



7. ábra - A MOL Bubi közrbinga rendszer kerékpárjai

Az informatikai rendszer a felhasználók számára kevésbé látványos, ám egy közösségi kerékpáros közlekedési rendszer működéshez elengedhetetlen egység. A MOL Bubi számára a Nextbike GmbH szállította le a szoftvert és az ahhoz szükséges hardverelemeket. A kerékpárok GPS jeladója minden kerékpárral való elinduláskor pozíciót szolgáltat a központi rendszer felé. A belső szerveren különböző adatbázisokban tárolják mind a kerékpárok, és gyűjtőállomások, valamint a pénzügyi tranzakciók, a felhasználók és üzemeltetők adatait. A felhasználók számára nonstop telefonos ügyfélszolgálat működik.

A MOL Bubi közbringa rendszer rendelkezik mobil applikációval, amelyben megtekinthető az állomások telítettsége, illetve a kerékpáron található QR kód segítségével bérlés is kezdeményezhető. A bérlés egyébként a legegyszerűbben a rendszeres felhasználók számára a plastik kártyájuk a kerékpár fedélzeti számítógépjének RFID olvasójához való érintésével történhet.

A rendszer nemcsak rendszeres felhasználók számára vehető igénybe: alkalmi kerékpárbérlési lehetőség is adott. Árulnak éves, féléves és negyedéves bérleteket, alkalmi felhasználók számára pedig napijegyet, három napos jegyet és hetijegyet. A jeggyel való kerékpárbérléskor érdemes megjegyezni, hogy a rendszerhasználathoz kauciót zárolnak.

A kerékpárok használata az első 30 percben ingyenes, utána az első órában 500 Ft-ot, majd fokozatosan emelkedve nagyobb összeget szükséges fizetni a használatért. Azonban ezt az összeget csak akkor számolják fel, ha a félóra alatt nem történik dokkolás a kerékpárral. Tehát érdemes a hosszabb tekerések során menet közben az állomásokon megállni és dokkolni, majd újra kivenni a kerékpárt vagy cserélni.

Egy bérlettel egyszerre négy kerékpár vehető igénybe, nem vonatkozik rájuk semmilyen megkötés, így akár nagyobb csoportok is használhatják egyidejűleg, térben teljesen különböző helyszíneken a kerékpárokat.

A rendszer működéseinek sajátosságaiból adódóan szükség van nemcsak a kerékpárokat műszakilag karbantartó személyzetre, hanem a logisztikai feladatokat ellátó személyekre is. Mivel az állomások kihasználtsága nem egyenletes, így lehetséges, hogy egy-egy állomáson feltorlódnak, vagy pedig hiányoznak kerékpárok. Az utóbbi jelent nagyobb gondot, mivel a MOL Bubi rendszer egyik remek fejlesztése a kiegészítő támasz, amelyhez egyszerűen, elektronikus lakat segítségével is hozzárögzíthető a kerékpár az állomás telítettsége esetén is. A kerékpárok szállítását jelenleg kerékpár-, és személygépjármű utánfutó segítségével végzik.

Érdemes még megjegyezni a téli üzemeltetés műveletét. A zordabb időjárási körülmények miatt kevesebb kerékpárral működik a rendszer, így a kerékpárok jelentős hányada ezen időszak alatt esik át az éves nagy karbantartáson. [34][33]

2.3 A közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek korábbi vizsgálati módszerei

A harmadik generációs közbringa rendszerek létrejötte óta a felhasználók bérlési szokásai monitorozva vannak a bérléshez használt okoskártyáik által. A felhasználó személyes adatain túl a bérlés kezdő-, és végállomása, a bérlés kezdetének és befejezésének időpontja is megismerhető, ezáltal tanulmányozhatóak a rendszerhasználók szokásai.

2.3.1 Adatbányászati vizsgálati módszerek

A rögzített mozgási adatokat tartalmazó gazdag adatbázis rendkívül sokféle adatelemzésnek vethető alá. Az egyik legjobb módszer az adatbányász szoftver használata, mivel olyan belső, nem látható összefüggések is megkaphatóak, amelyek egyszerű lekérdezések által nem. Ilyen adatbányász módszer a klaszterezés, azaz csoportképzés, ahol az eljárás bizonyos hasonlósági minták alapján csoportokat képez.

Klaszterképzési módszer segítségével vizsgálta Froehlich 2008-as tanulmányában a barcelonai közbringa rendszer forgalmi adatait: a nap folyamán a kerékpárok gyűjtőállomáson való rendelkezésre állását elemezte és ezáltal kereste a közbringa rendszert használók mobilitási szokásait. Ez alapján kapta eredményül, hogy egy nap különböző időpontjaiban az állomáson való kerékpár rendelkezésre állás elsősorban a földrajzi területtől és területhasználatától függ[14].

Borgnat és Abry 2011-ben ugyanazt a klaszterezési technikát alkalmazták a Vélo'v lyoni rendszer állomásai közötti áramlások tanulmányozására, mint Froehlich. Megvizsgálták a kereslet alakulását, a napi mintákat és a kerékpárral megtett távolságokat. A klaszterezési módszer lehetővé tette a szerzők számára a kerékpáros mobilitás dinamikájának leírását: az érkezési és indulási állomások alapján kimutatták a rendszeresen ingázók csoportját, a bérlések időpontjaiból, illetve az érkezési állomás földrajzi elhelyezkedéséből a szabadidős kerékpározáshoz köthető mozgásokat [2]

O'Brien szintén adatbányászati módszerrel 2014-ben a világ különböző részein üzemelő 33 közbringa rendszert elemzett és hasonlított össze. Eredményként azt kapta, hogy az ilyen rendszereket nemcsak közlekedési eszközként, de rekreációs célból is használják [29].

Lathia már korábban, 2012-ben azt az eredményt kapta, hogy a regisztrált és az alkalmi felhasználók, valamint a rekreációs céllal és a közlekedési módú rendszerhasználók mozgásai eltérő mintákat mutatnak[23].

Adatbányászati technológia segítségével a közösségi kerékpározás élményére váltókat és a jövőbeli felhasználókat is vizsgálták már. Több kutató is azt a megállapítást tette, hogy az egyéni gépjárművel közlekedők igen ritkán váltanak közösségi kerékpárokra [26][7]. A közbringa rendszerek leginkább a gyalog közlekedők számára attraktív [9].

A felhasználói típusokat tovább elemezve Bordagaray, Fonzone és Ibeas 2015-ös tanulmányukban a Santander városában lévő közbringa rendszer forgalmi adatait vizsgálva arra jutottak, hogy ötféle felhasználó típus létezik:

- „körutazók”, akiknek az indulási helyük és az érkezési helyük megegyezik, ők legtöbbször rekreációs célból használják a rendszert;
- „a bérlési idő hosszabbítók”, akik kerékpárt cserélnek, hogyha közeledik az ingyenes bérlési idő lejárta
- „kerékpár cserélők”, akik a bérlésük után nem sokkal észreveszik, hogy hibás a kerékpárjuk, ezért kicserélik azt
- „a tökéletesen szimmetrikus közlekedők”, akik ingázásra használják a rendszert
- „nem szimmetrikusan közlekedők”.

Ezek alapján a turisztikai, rekreációs és ingázás céljából közlekedők aránya meghatározható a rendszerben, mely az üzemeltetés során felhasználható adat [24].

A közbringa rendszerek és a tömegközlekedési hálózat kapcsolatának vizsgálatakor elmondható DeMaio 2009-es elemzése alapján, hogy amennyiben a közbringa rendszer teljesen integrálódik a tömegközlekedési hálózatba, úgy a multimodális utazások száma megemelkedik a közbringa rendszer bevezetésének hatására [7].

Továbbá több tanulmány is egyértelmű álláspontja szerint a gyűjtőállomás közelében elhelyezkedő vasúti kapcsolat pozitív szinergiában áll közbringa rendszerek forgalmával [25][31].

Jäppinen olyan szoros kapcsolatot mutatott ki a tömegközlekedési hálózat és a közbringa rendszer között Helsinkiben, amely azt mutatja, hogy a közösségi közlekedési utazási idő a közbringa rendszer bevezetése után a tíz százalékkal csökkent [18].

Jensen 2010-ben a lyoni rendszert elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a kerékpárok iránti kereslet megduplázódik, ha az állomás közelében lévő tömegközlekedési eszközök nem üzemelnek [19].

A forgalmi adatokon túl, más egyéb, rendszerjellemező adatot is vizsgáltak már a kutatók, például Curran 2008-ban a rendszerek sikerességét vizsgálta. Összesen tizennégy jellemzőt vizsgált, ezeket két fontossági csoportba sorolta. A kevésbé fontos, külső tényezők közé sorolható a topográfia, az időjárás, a város lakóinak kerékpározási attitűdje és a városi közösségi közlekedési rendszer minősége. A kevésbé fontos belső tényezők pedig a kerékpár típusa, a rendszer működési ideje, (például, hogy éjjel- nappali-e) és a rendszerek vandálok elleni, valamint a felhasználók épségét védeni igyekvő biztonsági lépések. Curran arra jutott, hogy egy üzembe helyezett közösségi kerékpáros közlekedési rendszer sikerességének a legnagyobb szerepet a rendszeralkotó elemek minősége és karbantartása jelenti, a felhasználókat terhelő, illetve üzemeltetési költségek és adott város kerékpáros infrastruktúrával való ellátása számít a legtöbbet[4].

2.3.2 Térbeli vizsgálati módszerek

Több kutatás regressziós vizsgálata is bemutatta, hogy a gyűjtőállomás forgalma függ az azt körülvevő épített környezeti jellemzőktől, és a környezetében végezhető tevékenységektől. Ezek az összefüggések legtöbbször valamilyen térinformatikai szoftver segítségével létrehozott térinformatikai adatbázisból mutathatóak ki.

Az épített jellemzők főként a lakóhelyek és a munkahelyek sűrűségét, a tömegközlekedési átszállási pontokat, a kerékpáros infrastruktúrát és a különböző forgalomvonzó létesítményeket (parkok, éttermek, iskolák) foglalja magában. Tanulmányok szerint nem csak az előbbieken felsoroltak vannak hatással a gyűjtőállomások forgalmára, hanem egy adott terület gyűjtőállomásainak száma és azoknak nagysága is [13].

Cervaro és Kockelman 1997-ben már kimutatta a „D-változók” erős hatását a gyűjtőállomások forgalmában. Ezek a következők: density, ami a lakóhelyek és a munkahelyek sűrűségére vonatkozik, diversity, amely alatt a területhasználat értendő és a design, ami a gyűjtőállomás körüli utcakép minőségére tesz jellemzést [3].

Ezt a három „D-változót” Ewing és Cervero 2010-ben további két változóval egészítette ki: distance to transit, tehát tömegközlekedési eszközre való átszállás esetén az átszállási távolságot jelenti, illetve destination accessibility, amely a gyűjtőállomásról elérhető létesítmények, például különböző tevékenységekre, boltokra, iskolákra vonatkozhat[12].

Konkrét eredményként megjelent, hogy magasabb lakóhely sűrűség és a munkahely sűrűség, illetve a gyűjtőállomás közelében megjelenő kerékpáros vonali infrastruktúra és jelentős forgalomvonzó létesítmények esetén több kerékpározó felhasználó várható [22][16].

Városonként eltérő lehet a korábban felsorolt tényezőknek a hatása. Azokban a városokban, ahol inkább a közlekedési szempontól kerékpározók aránya jelentősebb, ott erősebb a kerékpáros infrastruktúra létének, illetve a forgalomvonzó létesítmények elhelyezkedésének a hatása az állomáson megjelenő kerékpáros forgalmakra, nem úgy, mint a rekreációs kerékpározókkal rendelkező városokban[16].

Továbbá, már a nem épített, de környezeti jellemzőkre vonatkozóan több tanulmány is kimutatta, hogy az időjárás viszonyoknak, a naptári jellemzőknek szintén hatása van a rendszerhasználatra[15].

Szintén földrajzi helyenként eltérő lehet az időjárás jellemzők hatása a gyűjtőállomások forgalmi adataira: Helsinkiben vagy Barcelonában nem ugyanazok az összefüggéseket állapíthatóak meg.

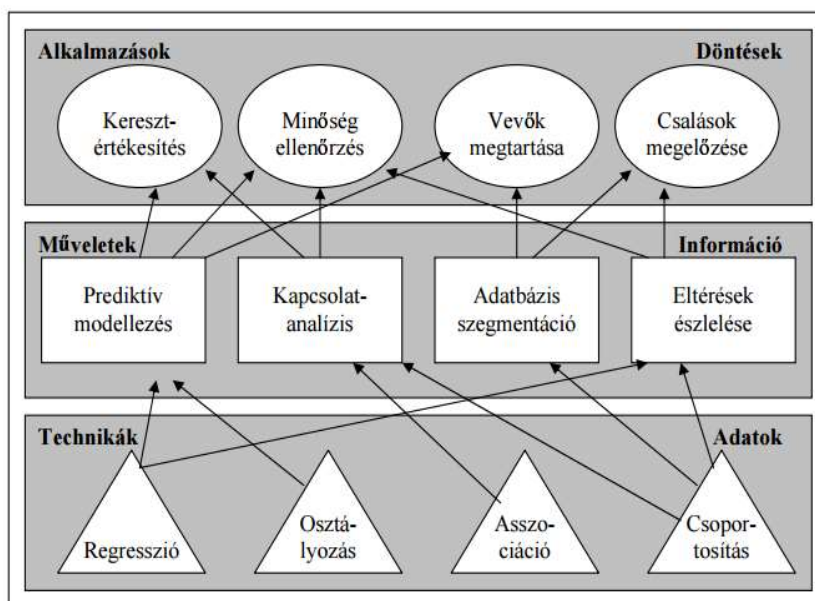
3 A vizsgálati módszertan

3.1 Az adatbányászatról általánosan

Az adatbányászat lényege, hogy nagy mennyiségű adatokban rejlő információk félautomatikusan feltárhatók különféle algoritmusok alkalmazásával. Az adatbányászat sokkal többet jelent az adatok manuális lekérdezésével való kapcsolatfeltárásnál. Egy adatbázis felett megfogalmazott SQL lekérdezés során a feltett konkrét kérdésekre konkrét válaszok kaphatók, az adatbányászatban jellemzően olyan kérdésekre is választ kaphatunk, amelyeket fel sem lehet tenni.

Az adatbányászat tehát definíciószerűen egy olyan döntéstámogatást szolgáló folyamat, mely érvényes, hasznos, és előzőleg nem ismert, tömör információ halmazt tár fel nagy egy jelentősebb adathalmazból. Az adatbányászat tehát legtöbbször trendeket és mintázatokat keres az adatbázisokban.

Négy jelentős adatbányászati technikába besorolható a jelenleg működő algoritmusok sokasága. Ezek a következők:



8. ábra - Adatbányászati módszerek (Forrás: [8])

A csoportosítás (szegmentálás, klaszterezés) olyan, nem felügyelt tanulási technika, mely segítségével egy adathalmaz objektumait feloszthatunk úgy csoportokra, hogy egy-egy csoportban egymáshoz nagyon hasonló objektumok vannak, a képzett csoportok azonban jelentősen különböznek egymástól. A csoportosítás tipikus felhasználási területe a különböző csoportok különbségeinek és hasonlóságainak jellemzése. A csoportosítási feladatra talán a legkézenfekvőbb példa a piacszegmentálás, amikor is egy vásárlói szokásokból álló adathalmazban az ügyfelek olyan csoportokba sorolhatók,

melyek egymástól eltérő jellegűek, de a csoportok egymáshoz hasonló ügyfeleket tartalmaznak.

Az osztályozás egy tanulási folyamat, mely alkalmas arra, hogy ismert változók alapján az adathalmaz elemeit osztályokba sorolja. Az osztályozási feladat ennek megfelelően két részfeladatra osztható: modellgenerálás és előrejelzés. Általában a modellgenerálás egy adott adathalmaz osztályozását jelenti adott számú diszjunkt részhalmazba. Az osztályozásra alkalmas modell tehát az objektumok attribútumai alapján számol kimeneti attribútumokat, vagyis osztályozási címkéket. A generált modell elemzésével általában lehetséges annak a megállapítása, hogy a rendelkezésre álló ismérvek alapján egy-egy elem melyik képzett osztályba tartozhat. A vásárlói adatok (nem, kor, jövedelem) és szokások alapján a vásárlók például elkülöníthetők három osztályba: kis, közepes és nagyfogyasztók bizonyos termék szempontjából. Ezen felül a szabálygeneráláson alapuló módszerek segítségével az is megállapítható, hogy adott személyi jellemzők alapján melyik csoportba kerülhetnek a vásárlók. Például olyan megállapítások tehetők, mint „az a 35 év alatti nő, akinek havi jövedelme meghaladja a 200.000 Ft-ot, nagyfogyasztó a púderek szempontjából.” A múlt adataira támaszkodva létrehozott szabályok alapján előrejelzések készíthetők ezzel az adatbányászati technika segítségével.

Egy másik, a korábbiakban említettektől különböző adatbányászati technika a gyakori elemhalmazok és asszociációs szabályok feltárása. A módszertan lényege, hogy az adatbázisban lévő objektumok között összefüggéseket találjon. Amennyiben létezik ilyen kapcsolat, akkor az adatbányászat segítségével feltárható, és annak erőssége jellemezhető. E feladatra tipikus alkalmazási példa a fogyasztói-kosár elemzés, mely ilyen megállapításokat tud tenni: „ha a vásárló vásárol X és Y terméket, akkor valószínűleg vásárol Z terméket is”.

A regressziós adatelemzési technika alkotja az adatbányászati technikák negyedik csoportját. A regresszió az asszociációhoz nagyon hasonló, következtetésekre alkalmas függvény meghatározását jelenti, de ebben az esetben a függvény célja az ismert ismérvekből más numerikus értékekre történő következtetés, azaz nem valamilyen kategorikus változó (osztálycímke) becslése. Regressziós feladat például egy gazdasági vagy a termelési adatok által definiált idősor jövőbeni értékének meghatározása. [8]

3.2 A használt speciális szoftverek ismertetése

3.2.1 RapidMiner

A RapidMiner egy ugyanezen a néven futó német cég által fejlesztett adatkezelő szoftver. A platformja integrált környezetben képes adatokat előkészíteni, gép tanuló és mélyelemző algoritmusok elvégzésére és előrejelző becslések készítésére.

Felülete könnyen kezelhető, olyan beépített algoritmusokkal rendelkezik, amelyek az üzleti, illetve kereskedelmi adatbányászat során szóba jöhetnek, például a fogyasztói

kosár összeállítása. A szoftver támogatja a gépi tanuló algoritmusok működésének minden lépését, az eredmények vizualizálását és a modellek validálását és optimalizálását. A RapidMiner nyílt forráskódú szoftver, tehát szabadon felhasználható, másolható, terjeszthető, tanulmányozható és módosítható.

A RapidMiner online elérhető verziója mindössze tízezer soros adattáblák elemzését engedi, azonban egyszerűen igényelhető oktatási licenz. Az elemzések során én is az oktatási változatát használtam a szoftvernek.[44] A szoftvert csak a későbbi elemzések során kezdtem el használni, kizárólag az adatok megjelenítésére.

3.2.2 WEKA

Egy jelentős, online is elérhető tudásbázissal rendelkező adatbányász szoftver a WEKA, teljes nevén Waikato Environment for Knowledge Analysis, amely egy ingyenes, mindenki számára megszorítások nélkül hozzáférhető, nyílt forráskódú JAVA nyelven írt programcsomag, amit a Waikato Egyetemen fejlesztettek Új-Zélandon. A fejlesztés JAVA nyelven történik, platformtól függetlenül használható a program akár Linuxon, akár Windows környezetben, csak megfelelő verziójú Java Runtime Environment-tel kell rendelkezni. Objektum orientált moduláris felépítése a fejlesztőknek hatalmas segítséget jelent. A WEKA fejlesztői rengeteg mintapéldát készítettek, széleskörű a program help-je és online videókurzusok is találhatóak az interneten a program működéséről. [8]

A szoftver az adatok előkészítésén és szűrésén túl képes az adatok különféle algoritmusok szerinti csoportosítására, illetve az eredmények megjelenítésére. Azonban a szoftver nem egy felhasználóbarát darab, sok „elrejtett” funkciója van, valamint a vizuális megjelenítés szín-, és képi világa nem módosítható, kizárólag csak a szoftver kódjának módosításával.

Így a WEKA szoftvert kizárólag csak a klaszterezési műveletek során használtam fel a dolgozat készítésekor, a vizuálist elemzéseket a RapidMiner segítségével végeztem el.

3.2.3 QGIS

A QGIS (Quantum Geographic Information System) egy nyílt forráskódú, ingyenesen használható asztali térinformatikai szoftver. A QGIS térbeli objektumok és jelenségek kapcsolatrendszerének feltárására és elemzésére alkalmas szoftver. Támogatja a térbeli adatok gyűjtésének, az adatok digitális előállításának, integrálásának és elemzésének folyamatát, illetve a térképi megjelenítését. [43]

Online rendkívül sok, a fejlesztők által korábban készített, ingyenesen elérhető bővítmény (Plugin) található, valamint a WEKA-hoz hasonló módon még szélesebb körű szoftverhasználati ismeretanyag áll rendelkezésre. Internetkapcsolat segítségével online térképek tölthetők be háttérként az elemzésekhez.

3.3 A kapott adatbázis és a tisztítás módszertanának ismertetése

Az adatokat 2017.03.10-én igényeltem meg a Budapesti Közlekedési Központ MOL Bubi üzletágával foglalkozó termékmenedzsertől. Néhány napon belül érkezett reagálás a

levelemre, majd titoktartási nyilatkozat aláírása után a 2015-ös teljes évre vonatkozó Bubi bérlési adatokat meg is kaptam .xml formátumban.

Az egyes hónapokra vonatkozó adatok külön fájlokban szerepeltek, így előbb ezeket egy fájlba egyesítettem, majd megkezdtem a tisztítást.

Bike number	Customer	Start time	End time	Duration	Start station	End station
86853	859270	10.1.2015 0:00:22	10.1.2015 0:03:06	3	0603-Nyugati pályaudvar	0503-Bajcsy-Zsilinszky út - Kálmán Imre utca
86626	860538	10.1.2015 0:02:55	10.1.2015 0:13:12	10	0806-József körút - Baross utca	0510-Dorottya utca - Wekerle Sándor utca
86610	859270	10.1.2015 0:03:20	10.1.2015 0:15:55	13	0503-Bajcsy-Zsilinszky út - Kálmán Imre utca	1105-Kőrösy József utca
86347	1196197	10.1.2015 0:03:39	10.1.2015 0:11:43	8	0604-Kodály körönd	0601-Teréz körút - Király utca
86281	863426	10.1.2015 0:03:57	10.1.2015 0:09:15	5	0609-Andrássy út - Nagymező utca	0605-Teréz körút - Szondi utca
86680	1196197	10.1.2015 0:04:28	10.1.2015 0:11:26	7	0604-Kodály körönd	0601-Teréz körút - Király utca
87060	1270303	10.1.2015 0:05:24	10.1.2015 0:16:01	11	0203-Bem József tér	0611-Nyugati tér
86335	1290498	10.1.2015 0:05:55	10.1.2015 0:26:16	20	0707-Kéthly Anna tér	0106-Krisztina tér
86814	1270303	10.1.2015 0:06:04	10.1.2015 0:15:17	9	0203-Bem József tér	0611-Nyugati tér
86909	1275669	10.1.2015 0:06:39	10.1.2015 0:25:28	19	0608-Jókai utca - Zichy Jenő utca	0903-Corvinus Egyetem
86090	1108618	10.1.2015 0:07:28	10.1.2015 0:41:08	34	0205-Császár-Komjádi Uszoda	0209-Margit körút - Tölgyfa utca
86575	1182683	10.1.2015 0:07:55	10.1.2015 0:14:24	6	0518-Deák tér	0610-Andrássy út - Káldy Gyula utca
86721	1108618	10.1.2015 0:08:48	10.1.2015 0:40:41	32	0205-Császár-Komjádi Uszoda	0209-Margit körút - Tölgyfa utca
86032	1182683	10.1.2015 0:08:59	10.1.2015 0:14:03	5	0518-Deák tér	0610-Andrássy út - Káldy Gyula utca
86723	1108618	10.1.2015 0:09:34	10.1.2015 0:39:31	30	0205-Császár-Komjádi Uszoda	0209-Margit körút - Tölgyfa utca
86793	1108618	10.1.2015 0:09:37	10.1.2015 0:40:11	31	0205-Császár-Komjádi Uszoda	0209-Margit körút - Tölgyfa utca
86032	1182683	10.1.2015 0:14:53	10.1.2015 0:15:14	0	0610-Andrássy út - Káldy Gyula utca	0610-Andrássy út - Káldy Gyula utca
86173	1240584	10.1.2015 0:14:56	10.1.2015 0:20:43	6	0508-Erzsébet tér	0905-Kálmán tér

9. ábra - A kapott adatbázis egy része (Forrás: BKK)

Az egyesített .xml fájl soronként egy-egy bérlés adatait tartalmazta. Összesen 6 jellemzőt rejtett a táblázat: a bérlő azonosítóját, amely egy öt karakterből álló szám, a kerékpár azonosítóját, a bérlés kezdetének és befejezésének dátumát és időpontját YYYY.MM.DD.HH:MM:SS formátumban, a bérlés kezdő-, és végállomását, amelyet a négyjegyű állomáskód és az állomás szöveges neve azonosított, valamint a bérlés hosszát perc formátumban.

Első lépésként észrevettem, hogy ugyanazon állomások megnevezése nem azonos bizonyos sorokban, így ezeket egységesítettem. Majd leválogattam a vizsgálat szempontjából nem releváns sorokat: a karbantartó helyre való szállítás műveletét, illetve a próbaállomások műveleteit. Ezeket a sorokat töröltem az adatbázisból.

Tovább tisztítva az adatbázist a 0 perces tartó bérléseket szintén kitöröltem, valamint az 1, 2, 3, 4, 5 perces bérlési idővel bíró sorokat abban az esetben töröltem ki, ha azonos a kiindulási és az érkezési állomás. Ezek legtöbbször nem valós bérlések. A hosszú bérlési idővel rendelkező sorokat szintén kitöröltem. Maximum 480 perces bérlési idővel rendelkező sorok maradtak az adatbázisban.

Az elemzést megkönnyítve további módosításokat is végrehajtottam. A bérlés kezdetének óráját egy külön oszlopban megjelöltem számként, valamint diszkrétizáltam a bérlési időket is. A dátumok alapján létrehoztam egy évszak, hónap, illetve egy nap oszlopot, az Excel függvényei segítségével, ezeket feltöltöttem szöveges adatokkal.

A bérlési idő órája alapján egy napszak oszlopot is felvettem az adatbázisba és a következők szerint csoportosítottam az órákat: 0:00 és 6:00 között éjszakai időszakba, a 6:00 és 12:00 között délelőtti időszakba, 12:00 és 18:00 között délutáni időszakba, 18:00 és 0:00 között pedig esti időszakba csoportosítottam a bérléseket.

Egy munkaügyekkel foglalkozó honlap [42] adatainak segítségével megalkottam a 2015-ös év naptárát, mely pontosan tartalmazta a munkaszüneti napokat, illetve a munkanap áthelyezéseket. Ezeket egy új oszlopban szintén felvettem az összes bérlési sorhoz.

Budapest 2015-ös évre vonatkozó napi időjárési adatait hozzácsatoltam az adatbázishoz egy archív budapesti időjárás adatbázis alapján.[36] Így minden bérlési sor kapott egy maximális, minimális napi hőmérsékleti értéket, átlagos napi szélsőérték értéket, illetve az időjárás jellegére vonatkozó szöveges információt.

A minél egyszerűbb kezelhetőség érdekében kategorizáltam az értékeket. A napi maximum hőmérsékletet a következőképpen: a minimum -4 és 10 Celsius fok között hideg, 10 és 20 Celsius fok között hűvös, 20 és 30 Celsius fok között meleg, illetve 30 és a maximum 39 Celsius fok között nagyon meleg.

A szélereősséget a vízi mentők szélereősség táblázata [45] alapján a következő kategóriákba soroltam: 0 és 12 km/h között szellő, 12 és 22 km/h között gyenge, 22 és 32 km/h között mérsékelt és 32 és 51 km/h között erős.

Az időjárás szöveges leírását is négy csoportba soroltam: esős, felhős, napos és havas napokra.

Az adatok tisztítását, illetve az adatbázis bővítését ezzel befejezettnek tekintettem, azonban egy későbbi előzetes elemzés során kiderült, hogy a BKK által küldött adatok tartalmazták a logisztikai műveleteket végző munkatársaik bérléseit. Kértem egy listát a logisztikát végző személyek azonosítójáról, azonban nem a teljes listát kaptam meg. Így az egy évre vonatkozó bérlések száma szerint csökkenő sorba helyeztem a felhasználókat és ez alapján kézzel leválogattam a „gyanúsán” viselkedő személyeket. A gyanú az alapján merült fel, ha egyszerre több kerékpárt vittek ugyanarra a helyre a bérlő és legtöbbször 8 órás ciklusokban folyamatosan bérelt. Az adathalmaz az Excel függvényei miatt ekkora már akkora fájl méretűvé vált, hogy kezelhetetlen volt a logisztikai műveleti sorok törléséhez. Így a teljes adatbázis beolvastam Access-be és néhány soros SQL paranccsal kitöröltem a logisztikai műveletekhez kapcsolódó bérléseket.

3.4 A tervezett elemzések módszertana

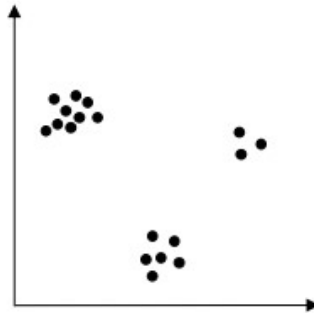
3.4.1 A felhasznált adatbányászati algoritmusok jellemzése

A 3.1. fejezetben említett adatbányászati technikák közül a csoportosítás (klaszterezés) módszertanát használtam.

Ez a technika nagyon könnyen összetéveszthető egy másik említett módszertannal, az osztályozás technikájával. A csoportosítást szokás felügyelet nélküli tanulásnak, az osztályozást pedig felügyelt tanulásnak is nevezni. Míg a csoportosításnál az elemzés elsődleges célja egzakt módon elkülönülő csoportok kialakítása, addig az osztályozás esetében az ismert csoportok jellemző leírása a fő feladat. Csoportosítás esetében az egyes objektumokról az elemzés megkezdésekor nem ismert, hogy mely csoportokba fognak tartozni. A klaszterezés eredményeként a létrejövő csoportokat elláthatjuk

címkéssel, de a kialakuló kategóriák kizárólag csak az algoritmus lefutása után az eredményekből láthatóak.

Tehát a klaszterezés során a csoportképző algoritmusok olyan csoportokat hoznak létre, amelyekben az objektumok egymáshoz viszonyított hasonlósága nagymértékű és a különböző csoportok hasonlóságának mértéke alacsony.



10. ábra - A klaszterezés folyamatának eredménye általánosan [8]

A klaszterezési eredmények értékelésére nem létezik olyan kritérium, amely alapján egyértelműen eldönthető, hogy maguk a csoportok, illetve a csoportképzés megfelelő-e. Ez kizárólag a felhasználón múlik, így az elemzések eredményeinek bemutatása során egyértelműen jelöltem, hogy melyek azok a klaszterezések, amelyek eredménye kétségbe vonható. [8]

Rendkívül sokféle klaszterezési algoritmus létezik, amelyek nagy változatosságot mutatnak a felhasznált ábrázolási és hasonlóságképzési módokban és a csoportképzés módszertanának tekintetében.

A klaszterelemzés algoritmusai lehet hierarchikus vagy nem hierarchikus. A hierarchikus algoritmus az új klasztereket az előzőleg kialakított klaszterek alapján alakítja ki, míg a nem hierarchikus algoritmus egyszerre határozza meg az összes klasztert.

A dolgozatomban egy korábban már közbringa rendszerek forgalmi adatainak elemzésekor jól bevált, egyszerűen alkalmazható nem hierarchikus módszert, a *k-átlag* módszert használtam. Ennél a klaszterezési algoritmusnál a módszer alapját az adathalmaz elemeinek a távolságmértékei képezik.

A távolságmérték kiválasztása kritikusan fontos lépés, mert alapvetően befolyásolja az algoritmus kimenetét. Többféle távolságmérték közül is lehetséges választani: az euklideszi távolság, a négyzetes euklideszi távolság, a Manhattan-távolság, a Mahalanobis-távolság, a Minkowski-távolság, a Csebisev-távolság, a Hamming-féle távolság és a Pearson-távolság közül.

A WEKA *k-átlag* módszere a Minkowski-, Csebisev-, Manhattan-, és euklideszi távolság használatát támogatja. Előzetes tesztek alapján az euklideszi-távolság tűnik a legmegbízhatóbb távolságmértéknek.

A módszer a WEKA-ban a következőképpen működik:

Az adathalmazban található minden egyes attribútum minden egyes elemét normalizálja az algoritmus. Ez azt jelenti, hogy az adott attribútum legkisebb és legnagyobb eleme közötti távolságával eloszt minden egyes elemet. Fontos megjegyezni, hogy a k-átlag módszer esetében csak numerikus attribútumok használata megengedett. Amennyiben szöveges elemek voltak az előkészített táblázataimban úgy új oszlopok felvételével bináris értékek segítségével feleltem meg a feltételeknek.

A módszer hátránya, hogy előzetesen ki kell választani a megalkotandó klaszterek számát. Ezt minden esetben próbáltam minimálisra venni, kettő és öt klaszter között végeztem több különböző futtatást.

Első lépésként a klaszterek számának megfelelő számú mintát kiválaszt az algoritmus az adathalmazból klaszterközéppontoknak. Ehhez fogja viszonyítani a következő klaszterezendő elemeket.

Második lépésben a legkisebb négyzetek módszerével az algoritmus kiszámítja az adathalmazban következő elem távolságát a választott klaszterközéppontokhoz képest.

Harmadik lépésként az adathalmaz vizsgált elemét a kiszámított minimális távolságértékkel rendelkező csoporthoz sorolja az algoritmus.

Az előzőekben végrehajtott számítások alapján a csoportokba sorolt elemeknek kiszámítja az átlagát, ez lesz az új klaszterközéppont. Ez a folyamat alkotja a negyedik lépést.

Végül az algoritmus újból kiszámítja az egyes csoportba sorolt elemek távolságát az új klaszterközépponttól. Amennyiben ez nem változik, úgy a klaszterezés elvégzettnek tekinthető, de ha változik, úgy az algoritmus visszaugrik a második lépéshez.

Az elvégzett klaszterezési eredmény megfelelőségét viszonylag jól leírja a "sum of squared errors" (SSE), ami egy hibamutató.

A következőképpen számítható ki:

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} (p - m_i)^2$$

ahol k a klaszterek száma, m a klaszterek középpontja és C a klaszter objektumhalmaza. A k-átlag algoritmus esetében az optimális értéke minimális. Így az elvégzett elemzések esetén az SSE számot is figyelembe vettem az értékeléskor.[41]

3.4.2 Térinformatikai adatbázis létrehozása

A térinformatikai elemzések során a QGIS nevű nyílt forráskódú térinformatikai szoftvert használtam. Első körben egy újbóli adatigénylés során elkértem a BKK illetékesétől a gyűjtőállomások GPS koordinátáit, így nagyon egyszerűen szöveges fájlként át tudtam emelni az állomások adatait QGIS-be, ezáltal térképen tudtam ábrázolni őket.

Tovább bővítve a térképet letöltöttem egy online Budapest shape fájlt egységet [37] és ezt olvastam be a QGIS-be. A point réteggel foglalkoztam első körben, amely Budapest területén lévő POI-kat (Point of Interest) tartalmazta típusonként, névvel ellátva. Ahhoz, hogy a név olvasható, latin karakterekké álljon össze UTF-8 kódolást kellett beállítani.

A típus alapján szűrtem az egyes POI-kat. Kétféle típust állítottam fel. Egyrészt összegyűjtöttem az „education” elemeket, ebbe az összes oktatási intézményt belevettem, általános iskolákat, óvodákat, középiskolákat, főiskolákat és egyetemeket. Valamint alkottam egy „entertainment” csoportot, ebben az OSM típusai szerint a theatre, pub, nightclub, cinema, cafe, biergarten és bar elemek kerültek.

Azonban észrevettem, hogy az oktatási intézmények köre nem teljes a térképen, így letöltöttem egy újabb POI csomagot. [38] Egyesítettem a kétféle forrásból származó oktatási intézményre vonatkozó POI-kat és kitöröltem a kétszer is megjelenőket.

Felvettem Budapest kerékpárút hálózatát is a térképre. Ehhez egy .kml kiterjesztésű fájlt töltöttem le, amely a következő ötféle kerékpáros vonali hálózati elemet tartalmazta:

- Teljesen különálló, vagy a gyalogosjárdától jól megkülönböztetett kerékpárút
- Járdán, a gyalogúton haladó, vagy kevésbé megkülönböztetett kerékpárút.
- Kerékpársáv / kerékpáros nyom / közös használatú buszsáv.
- Javasolt útvonal utcákon, utakon.
- Kerékpárral két irányból is használható egyirányú közút.

A korábban említett POI csoportokat és a kerékpáros vonali infrastruktúra csoportokat önálló réteggként és egyesített réteggként is elmentettem. Az utóbbit egy MMGIS plugin segítségével végeztem el, amely képes ugyanolyan típusú rétegek egyesítésére.

Továbbá a korábban említett Budapest térinformatikai adatbázisát tartalmazó fájl egy másik rétegét is felhasználtam, a „natural” réteget, mely a budapesti zöldterületek jellemzőit tartalmazta.

Az alap térinformatikai adatbázis elkészítése után minden egyes korábban felvett gyűjtőállomás köré egy 300 m sugarú poligont helyeztem el az *Övezetek* nevű beépített geoprocesszng eszközzel.



11. ábra - A gyűjtőállomások 300 méteres "buffer" zónái és felvett térinformatikai rétegek

A következő feladat a 300 méter sugarú poligonokon belül lévő kiemelt POI-k és kerékpáros vonali infrastruktúra elemhosszok, valamint a zöld területek felületének leszámolása volt gyűjtőállomásonként. Ezeket szintén a QGIS beépített „Vektorelemző” eszközcsoport „Pontok felületen”, „Összes vonalhossz”, illetve „Metszés” eszközök segítségével számítottam ki.

A számítás során figyelmet kellett szentelni arra is, hogy a rétegek ugyanolyan koordináta rendszerben helyezkedjenek el. Az eredményeket egy-egy poligon réteg fájlban kaptam meg. A vonalhosszaknál egy szorzást is el kellett végezni, hogy méterben kaphassam meg az eredményt.

3.4.3 A rendszer általános elemzésének módszere

A rendszer általános elemzését vizuális elemzések alapján képzeltem el. A vizuális elemzéssel jelenítettem meg a napi forgalmi adatok naptári és időjárás jellegzetességektől való függőségét, illetve a napi forgalom időbeli lefolyását. Ezekhez az elemzésekhez segédtablákat készítettem.

A napi bérlési adatokat tartalmazó táblázat a következőképpen néz ki: Az év 365 napjának dátumához különböző naptári jellegzetességeket társítottam függvények segítségével: évszak, hónap, a hét napja, naptípus. Továbbá az adott dátumhoz tartozó időjárás jellegzetességeket is felvettem: minimum, maximum hőmérséklet, átlagos napi szélsőérték és az időjárás leírása. Ezen jellemzőknél nem csak a konkrét értékeket vettem fel, hanem a korábbiakban leírt csoportosítás jellemzőit is. Ezek után képeztem az adott napokhoz tartozó összes napi bérlésszámot az összes működő állomáson, illetve

adott napon a kerékpározással eltöltött időt is összegeztem. A táblázat elkészítésekor az Excel függvényeit, illetve beépített kimutatáskezelő szerkesztőt is használtam.

A napi lefolyáshoz egy másik segédtáblázatot is készítettem. Ebben a nap minden órája szerepel. Ezekhez kapcsoltam az adott órában a teljes rendszerben indított bérlések számát, illetve a kerékpározással töltött időt. A kimutatáskezelő segítségével ezeket az értékeket szortíroztam: lebontottam a hét egyes napjaira, az egyes szöveges, csoportosított időjárési jellemzőkre és a nap típusra.

Az adatokat a korábban említett RapidMiner szoftver segítségével elemeztem vizuálisan. Első körben a WEKA nevű adatbányász szoftverben szerettem volna az adatokat elemezni, ám a szoftver vizuális elemző része igen kezdetleges és nem túl felhasználóbarát. Így esett a RapidMiner, szintén nyílt forráskódú szoftverre a választásom.

Az elemzés eredményei a 4.1. fejezetben találhatóak.

3.4.4 Gyűjtőállomások működésére vonatkozó elemzések módszere

A gyűjtőállomások viselkedésének elemzésekor adatbányászati és térinformatikai módszereket vegyesen alkalmaztam. A térinformatikai elemzésekhez létrehoztam egy adatbázist, melynek a folyamatát a 3.4.2 fejezetben mutattam be.

Az adatbázis létrehozása után már körvonalazódtak a rendelkezésre álló adatok alapján a vizsgálati irányok. Megvizsgáltam az egyes gyűjtőállomások napszakokban való viselkedését és a térinformatikai adatbázis egyes elemeinek hatását a napi átlagos vagy egy adott napszak átlagos forgalmára vonatkozóan. Ezeknek az elemzéseknek a részletes leírása a 3.4.4.1, 3.4.4.2, 3.4.4.3, 3.4.4.4, 3.4.4.5. fejezetekben található.

3.4.4.1 Gyűjtőállomások viselkedésének vizsgálati módszertana az egyes napszakokban

Az elvégzett elemzés a korábbiakban említett napszaki bontásra, illetve az egyes gyűjtőállomásokra érkező és onnan kiinduló kerékpárok mozgására épül.

Az Excel kimutatáskezelőjének segítségével listáztam sorokba az egyes állomásokat, majd oszlopokba rendeztem az egyes napszakokban történt összes kerékpárfelvétel és kerékpárleadás számát. Ezután minden állomáshoz képeztem egy arányszámot, amely a felvett kerékpárok arányát mutatja a leadottakhoz képest minden egyes napszakban. Tehát, ha az arányszám egynél nagyobb, akkor a kerékpár felvételek száma magasabb, mint a leadásoké, ha egynél kisebb, akkor pedig a kerékpárleadások vannak túlsúlyban.

A kapott értékeket tekintve egy osztályozási rendszert vezettem be:

- Amennyiben a kapott arányszám nagyobb, mint 1,3, akkor a gyűjtőállomás „generátorként” működik, tehát a kerékpár felvétel száma jócskán túlszárnyalja a kerékpár leadások számát.

- Amennyiben a kapott arányszám 1,3 és 0,8 közötti, úgy a gyűjtőállomás „ideálisan” működik, tehát a kerékpár leadások és felvételek száma nagyjából megegyezik. Ebben az esetben külső behatásra (logisztikai szállításra) az adott állomáson elméletileg nincsen szükség, az állomás adott napszakban stabilan működik.
- Amennyiben a kapott arányszám 0,8 alatti, akkor a gyűjtőállomás „fogadó” üzemmódban működik, tehát a kerékpárok érkezése hangsúlyos inkább az állomáson. Ez egy a kevésbé rossz szélső eset, mivel az állomásokon póttámaszok vannak, tehát a kerékpárlerakás akadálytalan telített gyűjtőállomáson is.

Az elkészített táblázat oszlopait napszakonként ábrázoltam, majd térképen is megjelenítettem az állomásokat eltérő színezéssel működési formájuk szerint. Az eredmények a 4.2.1. fejezetben találhatóak.

3.4.4.2 Gyűjtőállomások éjszakai forgalmának és az állomások közelében található szórakozóhelyek számának kapcsolatát feltáró vizsgálati módszertan

A vizsgálatban a korábbiakban leírt módszer alapján, a gyűjtőállomások 300 méteres környezetében megszámláltam az „entertainment” csoportba tartozó pontok számát. A vizsgálatnak ez volt az egyik bemenő paramétere.

A szórakozóhelyek számának hatását éjjelente (0:00 és 6:00 között) vizsgáltam, mégpedig a gyűjtőállomásokról elinduló forgalom tekintetében. Abból a szempontból történt ez a megfontolás, hogy ebben az igen késői időszakban a szórakozó felhasználók legtöbbször már hazafelé indul a szórakozóhelyekről. A vizsgálatot más célú forgalom kevésbé zavarhatja, hiszen azok aránya alacsony lehet.

Egy táblázatban a sorokba elhelyeztem az állomásokat, majd az oszlopokba a felvett kerékpárok számát éjjel, illetve a gyűjtőállomás közelében leszámolt „entertainment” elemek számát.

Az elemzést első körben WEKA-ban végeztem el. A k-átlag klaszterező algoritmust használtam, mely működésének leírása a 3.4.1. fejezetben található.

Összesen négyféle csoportot képeztem az algoritmussal a hibaszám optimális értékének figyelembevételével. Vizuálisan is megjelenítettem az eredményeket, de .arff fájlként ki is exportáltam azokat a szoftverből.

A korábban elkészített táblázatot így az állomások csoportba sorolásának oszlopával is kiegészítettem. Ezeket az adatokat használtam fel a RapidMiner és QGIS elemzéseknél és az ábrák elkészítésénél. Az eredmények a 4.2.2. fejezetben találhatóak.

3.4.4.3 Gyűjtőállomások átlagos napi forgalmának és az állomások közelében lévő vonali kerékpáros infrastruktúra hosszának kapcsolatát bemutató vizsgálati módszertan

Az elemzés során a 3.4.2. fejezet alapján megalkotott térinformatikai adatbázis újabb elemeit használtam fel, a kerékpáros vonali infrastruktúrákat. Ezeknek a hosszát a gyűjtőállomások 300 méteres körzetében leszámoltam.

A figyelembe vett kerékpáros vonali infrastruktúrák a következők:

- teljesen különálló, vagy a gyalogosjárdától jól megkülönböztetett kerékpárút
- járdán, a gyalogúton haladó, vagy kevésbé megkülönböztetett kerékpárút
- kerékpársáv / kerékpáros nyom / közös használatú buszsáv
- Javasolt útvonal utcákon, utakon
- Kerékpárral két irányból is használható egyirányú közutak

Ezeket az értékeket összeadtam, így méterben kaptam egy összeget a gyűjtőállomások környezetében lévő vonali infrastruktúrára vonatkozóan.

A másik vizsgált mutatószám a gyűjtőállomások átlagos napi forgalma. Ez mindkét irányú forgalmat jelöl, tehát a gyűjtőállomásokon felvett és a leadott kerékpárok számát jelenti átlagosan naponta. Tehát ezeket az értékeket összeadtam és így kaptam egy átlagos napi „mozgási” értéket gyűjtőállomásonként.

Táblázatot képeztem a mutatókból, majd ezt importáltam a WEKA szoftverbe. K-átlag algoritmus szerint csoportosítottam a mutatók alapján a gyűjtőállomásokat. Majd az eredményeket QGIS segítségével térképre vetítettem.

Kiemelten vizsgáltam a teljesen különálló, vagy a gyalogosjárdától jól megkülönböztetett kerékpárutak hatását a forgalomra. Az előzőekben leírt módszer alapján végeztem el ezt az elemzést is, azonban most kifejeztem csak ezt az egy vonali infrastruktúra hosszát vettem a gyűjtőállomások környezetében és ezt vettem össze a gyűjtőállomások átlagos napi forgalmával. Az eredmények a 4.2.3. fejezetben szerepelnek.

3.4.4.4 Gyűjtőállomások délelőtti érkező forgalmának és az állomások közelében elhelyezkedő oktatási intézményeknek a kapcsolatát feltáró elemzési módszertan

A 3.4.2. fejezetben jellemzett térinformatikai adatbázis oktatási intézmények ponthalmazát használtam fel a vizsgálat során. A gyűjtőállomások 300 méteres környezetében leszámoltam az oktatási intézmények számát, külön kiemelten kezelve a felsőoktatási intézményeket. Ezt azért tartottam fontosnak, mert ugyan konkrét adatokkal való alátámasztás nélkül, de nagy valószínűséggel elmondható, hogy középiskolások, vagy annál fiatalabbak kisebb arányban szerepelnek a Bubi felhasználók között.

A délelőtti időszakot választottam a vizsgálat időszakának, mivel ebben az időszakban az oktatási intézményekhez köthető mozgások jobban lehatárolhatóak. Az iskolások

legtöbbje 7:00 és 10:00 között érkezik az oktatási intézménybe, az onnan való távozásuk időpontja pedig egy sokkal nagyobb intervallumban szóródna.

Összesen három óra érkező forgalmát vizsgáltam: 7:00 és 8:00 között, 8:00 és 9:00 között és 9:00 és 10:00 között érkezőket. Az egyes állomásokon ezeket a mutatókat az Excel kimutatáskezelőjének a segítségével számoltam ki. Annak érdekében, hogy az egyes állomások óránkénti forgalmának jelentőségét is figyelembe vegyem, arányszámokat képeztem. Az egyes órák érkező forgalmát a teljes délelőtti időszak érkező forgalmához viszonyítottam.

A WEKA-ba importált táblázat soronként tartalmazta az egyes gyűjtőállomásokat, az oszlopokban pedig az egyes órák érkező forgalmának arányát, illetve az oktatási intézmények száma kapott itt helyet. Egy másik oszlopban pedig azt jelöltem, hogy az adott állomás 300 méteres környezete rendelkezik-e felsőoktatási intézménnyel.

A klaszterezést szintén a WEKA k-átlag algoritmusával végeztem el, az eredményeket exportálás után RapidMiner és QGIS segítségével ábrázoltam. Ezek az ábrák a 4.2.4. fejezetben találhatóak.

3.4.4.5 Gyűjtőállomások átlagos napi forgalmának és az állomások közelében lévő zöldfelület nagyságának kapcsolatát bemutató elemzési módszertan

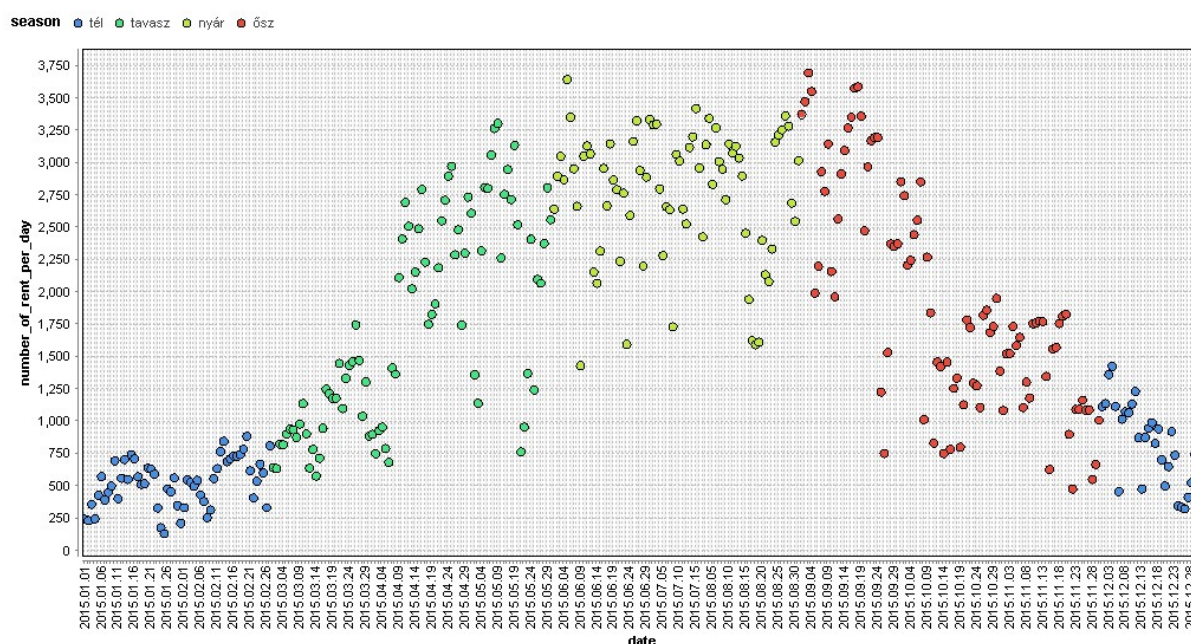
Vizsgáltam a budapesti összefüggő zöld területek hatását a gyűjtőállomások forgalmára. Ehhez a létrehozott térinformatikai adatbázis újabb rétegét, a „természeti elemek” réteget használtam. A gyűjtőállomások 300 méteres környezetében lemértem a zöldfelületeket négyzetméterben. A vizsgálat másik bemeneti paramétere az átlagos napi gyűjtőállomásra érkező és onnan induló forgalom összege volt. Az ezekből a mutatókból létrehozott táblázatot WEKA-ba importálva csoportosítottam a gyűjtőállomásokat, majd ez eredményeket a korábbiakban már említett két szoftver segítségével jelenítettem meg. Az eredmények a 4.2.5. fejezetben találhatóak.

4 Eredmények

4.1 A rendszer általános elemzése

4.1.1 A napi forgalmi adatok naptári jellegzetességektől való függősége

A korábbiakban ismertetett módszernek megfelelően (3.4.4.1. fejezet) ábrázolásra került a vizsgált dimenziók mentén a MOL Bubi közbringa rendszer összes állomásának összegzett napi forgalmi adata.

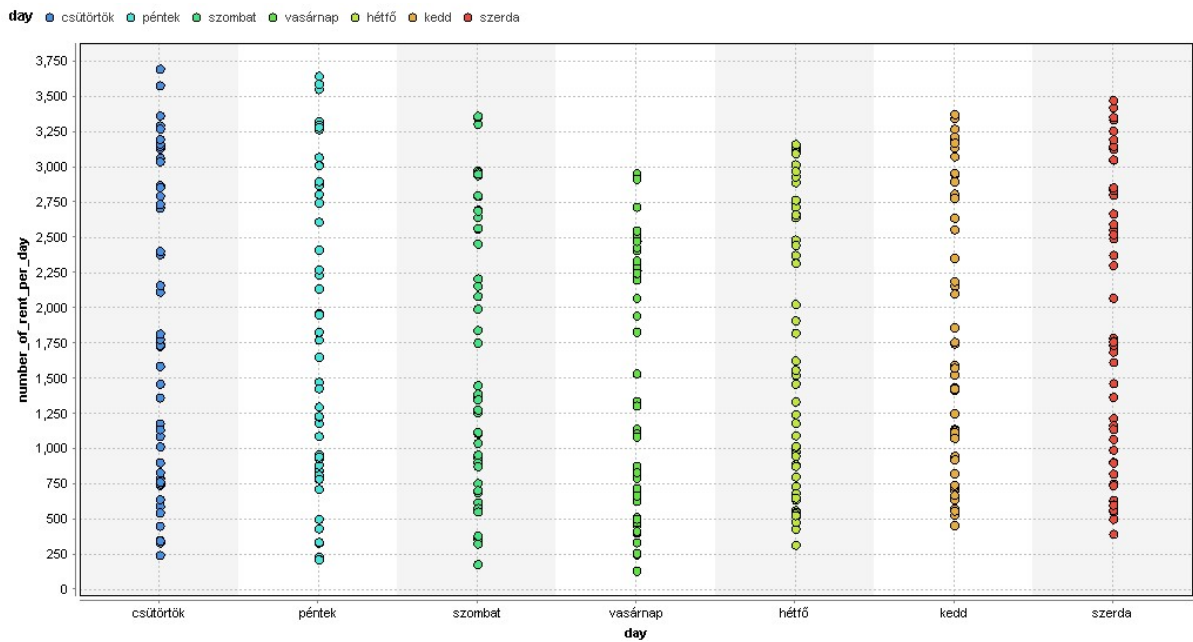


12. ábra - A napi bérlésszámok a 2015-ös évben az egyes napokon

A 12. ábra az egyes napokon lévő bérlésszámokat mutatja. A körök színezése az évszakokat jelöli. A sötétkék a téli időszakot, a zöld a tavaszt, a sárga a nyárit és a piros az őszi időszak napi bérlésszámait mutatja. Látható, hogy a késő tavaszi (április közepe), nyári és kora őszi (október eleje) időszakokban magas a napi bérlések száma. Azonban ezekben az időszakokban is előfordulnak bérlésszám szempontjából gyengébb napok: ezek valószínűleg az időjárás viszontagságaira vezethető vissza. (17. ábra)

A jobb áttekinthetőség érdekében ábrázoltam az egyes évszakokban jelentkező bérlésszámok intervallumait is. (16. Melléklet) A körök színezése a napi időjárás szerint történt. Az ábra alapján elmondható, hogy ősszel a legszélesebb a napi bérlésszámok listája, ami az időjárás változékonyságának köszönhető.

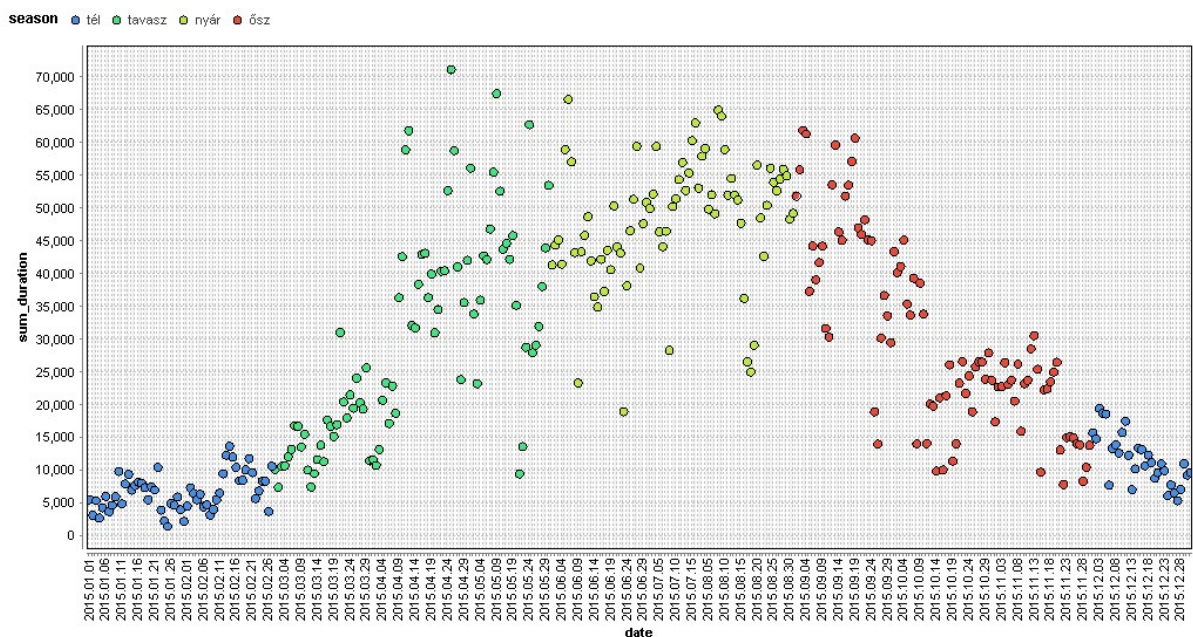
Vizsgáltam az egyes évszakok bérlési számait is külön-külön, ez a 17. Mellékletben látható. Elmondható, hogy az év hónapjai közül szeptember jelentkezik a legváltozatosabb napi bérlésszámokkal. A magas bérlésszám köszönhető a kellemes, kora őszi időjárásnak, az iskolakezdésnek, illetve a még a városba érkező turistáknak. Az alacsonyabb számok pedig az őszi időjárás változékonyságának.



13. ábra - A hét egyes napjainak napi bérlésszáma

Nagyjából azonos szélességű intervallumba tartozó napi bérlésszámokat mutat a 13. ábra. Érdekes módon a legnagyobb bérlésszámmal csütörtök és péntek rendelkezik, a legkisebbel pedig vasárnap bír. Ez magyarázható a hétvégi alacsonyabb mobilitási igényszámmal, illetve a pénteki “buliforgalommal”. A napok típusát tekintve egyértelműen mutatja a 20. Melléklet ábrája, hogy munkanapokon a bérlések jóval nagyobb mértékben jelentkeznek, mint a munkaszüneti napokon.

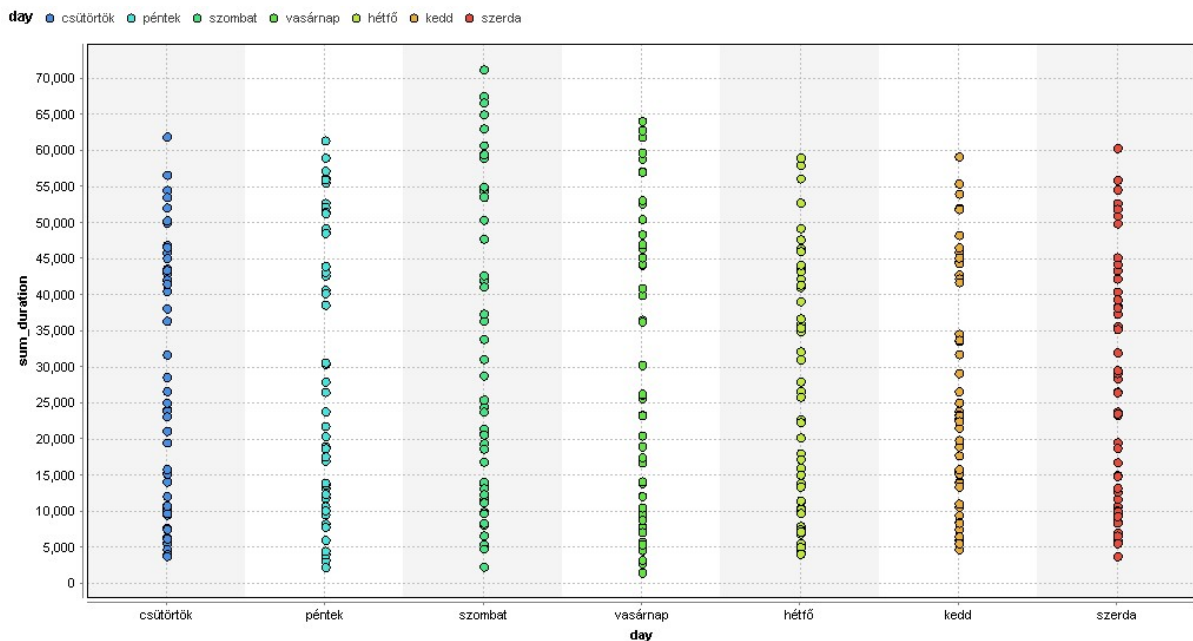
Megvizsgáltam a naponta közösségi kerékpározással eltelt idő mennyiségének függőségét is a naptári jellegzetességektől.



14. ábra – Az egyes napokon naponta közösségi kerékpározással töltött idő

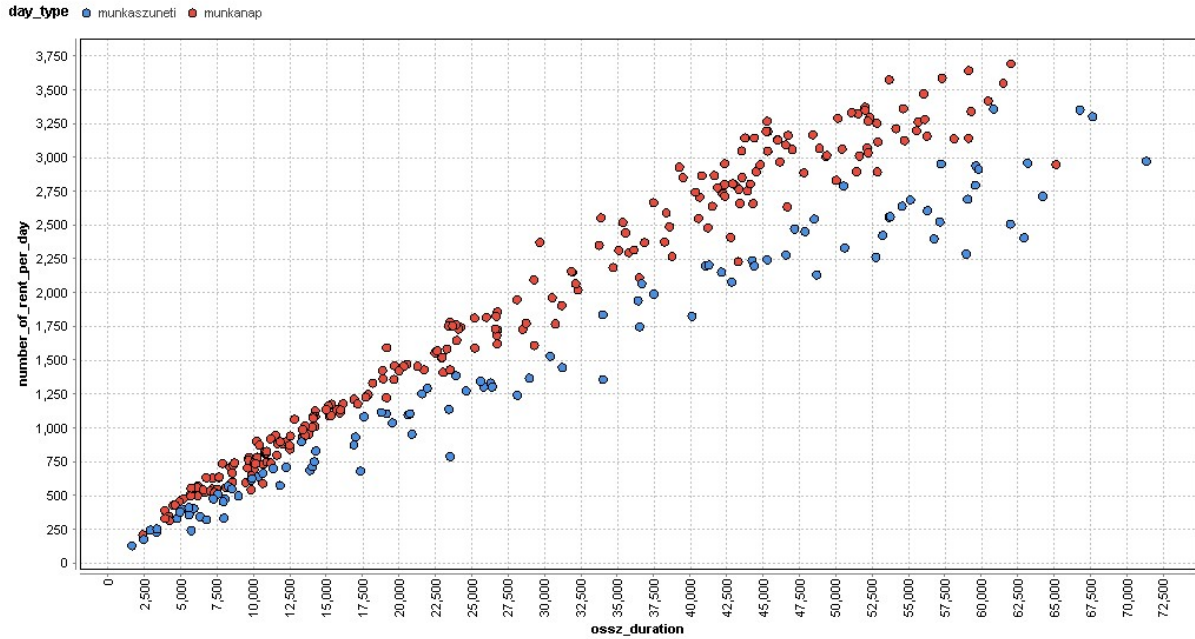
Az egyes évszakokba tartozó napok napi kerékpározással töltött ideje látható a 18. Melléklet ábráján. A legszélesebb kerékpározással töltött idő intervallummal a tavaszi időszak rendelkezik, de mindössze néhány napon jelentkezett kiemelkedő napi kerékpározással töltött idő.

Jóval nagyobb szórás mutatkozik a naponta kerékpározással töltött időben havi bontásban vizsgálódva. Ez a 19. Melléklet ábráján látható. Áprilisban és májusban nagyobb a változékonysága a naponta kerékpározással töltött időnek, míg a téli hónapok jóval koncentráltabbak, de egyben kisebb intervallumban mozognak. Ezek szintén az időjárás jellegzetességeire vezethetőek vissza.



15. ábra - A hét egyes napjain naponta kerékpározással töltött idő

A leghosszabb ideig a szombati és vasárnapi napon közlekednek kerékpárral a felhasználók.

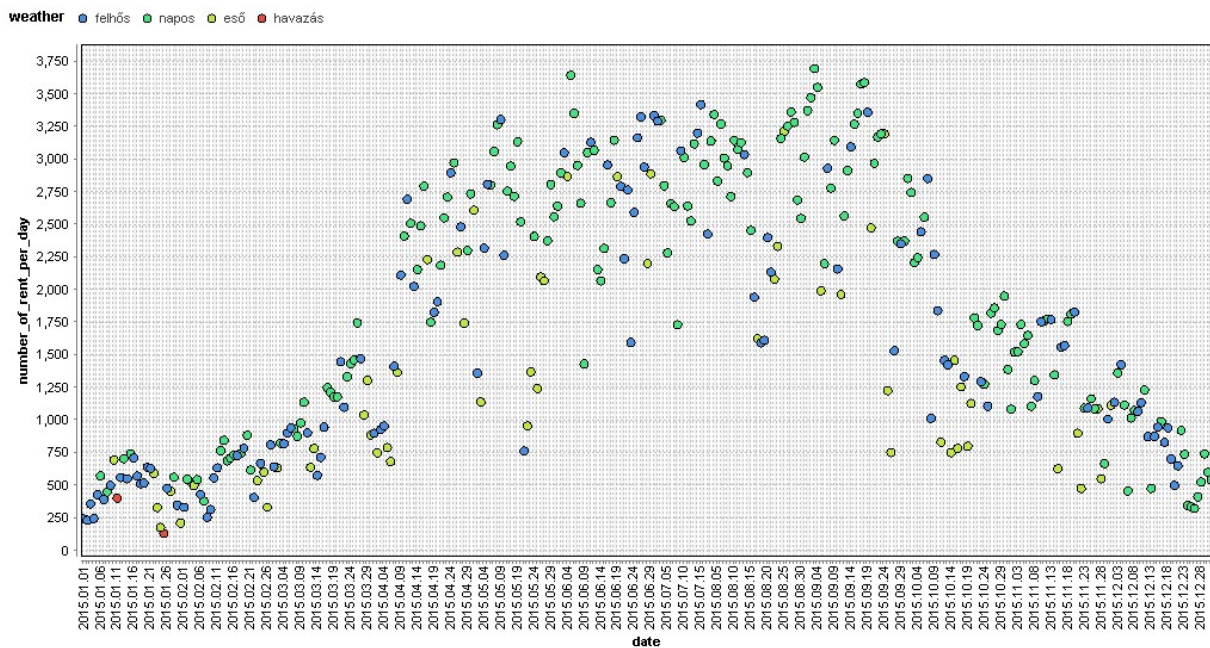


16. ábra - A kerékpározással töltött idő, a napi bérlésszám és a napok típusának összefüggése

Nagyon érdekes a 16. ábra lefolyása, amely azt mutatja, hogy a munkaszüneti napokon jóval kevesebb bérlés történik, azonban ugyanakkora, sőt még nagyobb kerékpározással töltött időt produkálnak ezek a felhasználók.

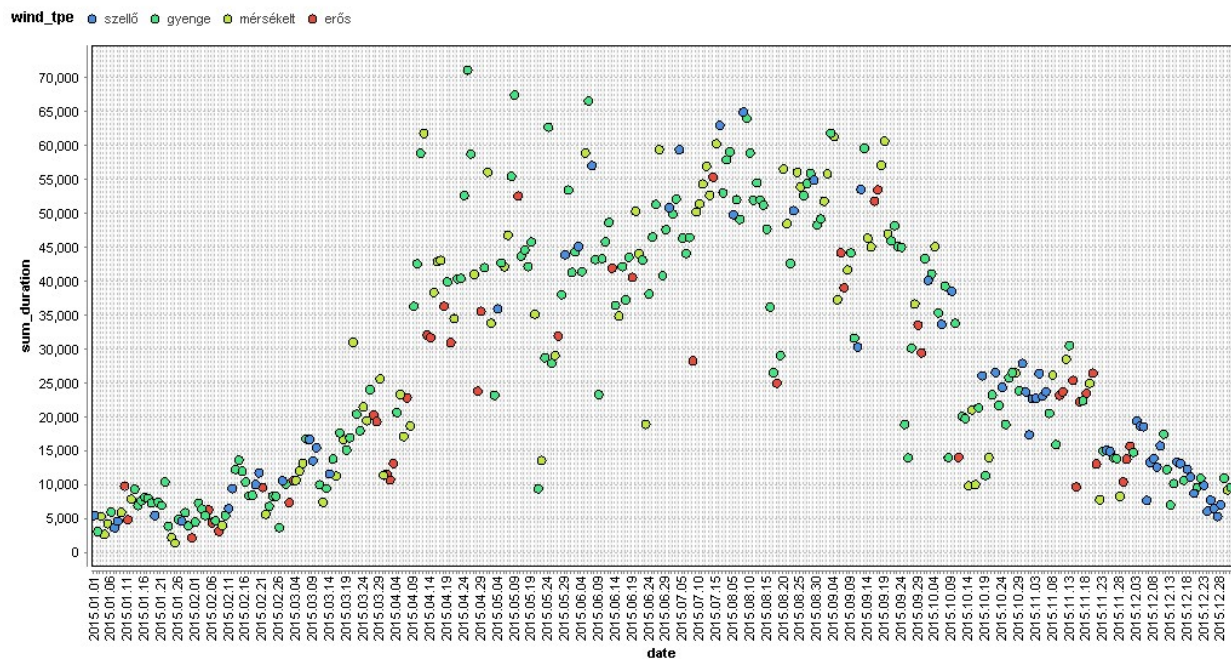
4.1.2 A napi forgalmi adatok időjárási jellegzetességétől való függése

A napi forgalmi adatokat a napi időjárás jellemzőkkel is összevettem a 3.4.4.1. fejezetben leírtak szerint. A következőkben a kapott ábrákat jellemzem és jelenítem meg.



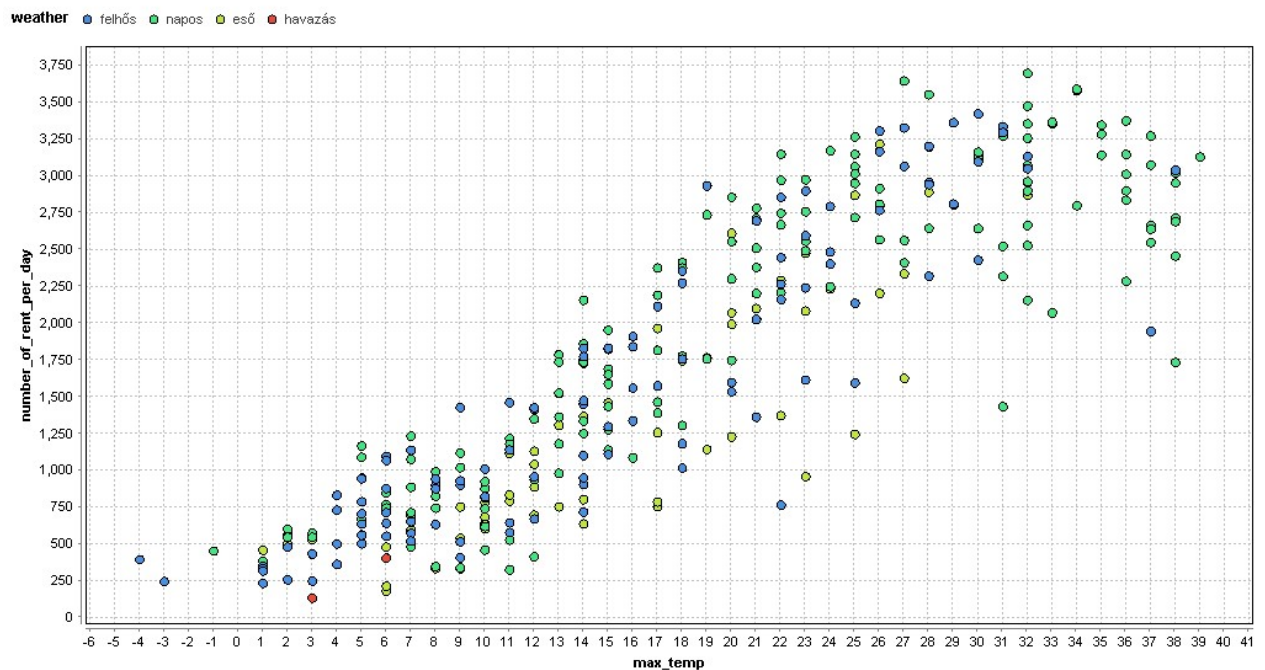
17. ábra - A napi időjárás és a napi bérlésszám összefüggése

Korábban, a 12. ábra esetében, az alacsonyabb nyári napi bérlésszámokat vizsgálva felmerült a kérdés, hogy minek köszönhetőek a visszaesések. A 17. ábra mutatja, hogy legtöbbször az esős és felhős időjárás esetében esnek vissza az értékek.



18. ábra - A napi bérlésszám és a napi széltípus összefüggése

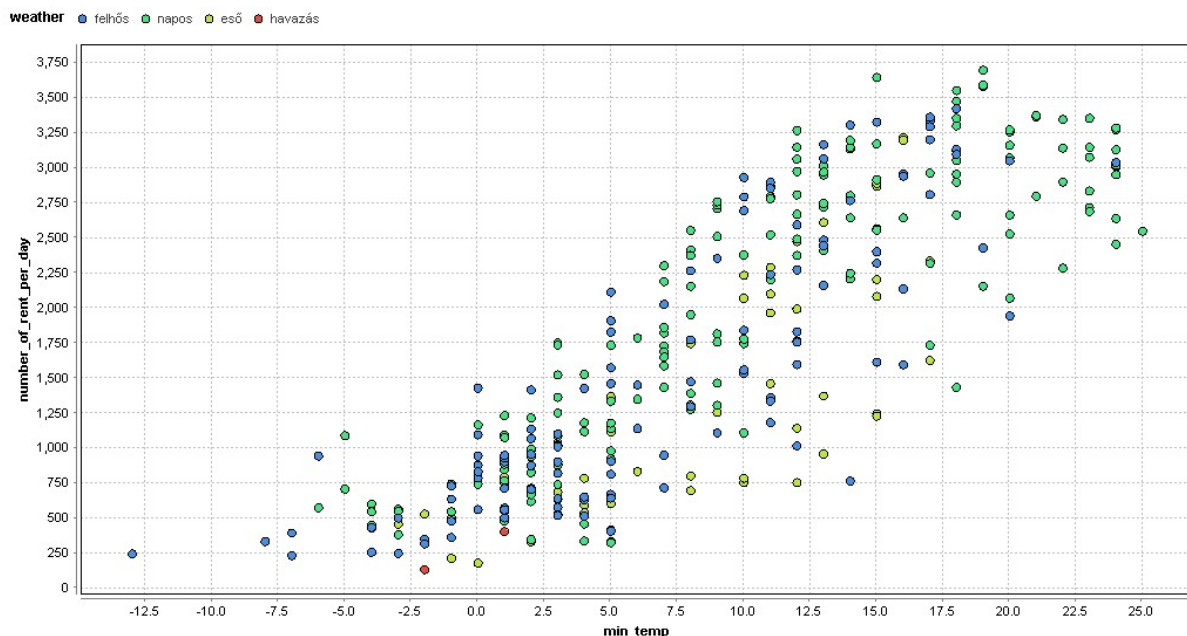
Ha a korábbi ábrán a színezést megváltoztatjuk a széltípusra, akkor szintén látható, hogy az alacsonyabb bérlésszámok az erős szélnek is köszönhetőek.



19. ábra - A napi bérlésszám napi maximum hőmérsékeltől való függése

A 19. ábra - A napi bérlésszám napi maximum hőmérséklettől való függése mutatja a napi maximum hőmérséklettől való függését a napi bérlésszámoknak. A körök színe a napi időjárás jellege szerint változik. Látható, hogy alacsonyabb maximumoknál alacsony a napi bérlésszám is, a magas hőmérsékletnél magasabb, azonban egy idő után a hőmérséklet emelkedésével elkezdi csökkenni a napi bérlésszám is. Ez annak köszönhető, hogy a nagy melegben kisebb a kerékpározási hajlam. A pöttyök színezése pedig nem teljesen egyértelműen, de az mutatja hogy azokon a napokon, amikor ugyan magasabb a maximális napi hőmérséklet, de mégis kisebb az átlagos bérlésszám, az időjárás jellege kedvezőtlenebb, például esős. De ez a trend nem minden esetben igaz.

A napi kerékpározással töltött idő és a napi maximum hőmérséklet között hasonló összefüggések állíthatók fel. Ez a 22. Melléklet ábrája mutatja. Ebben az esetben azonban nem jellemző a hőmérséklet emelkedésével a csökkenő kerékpározási idő tendencia. Esős napokon általában alacsonyabb a kerékpározással töltött idő, mint a napos vagy felhős napokon.

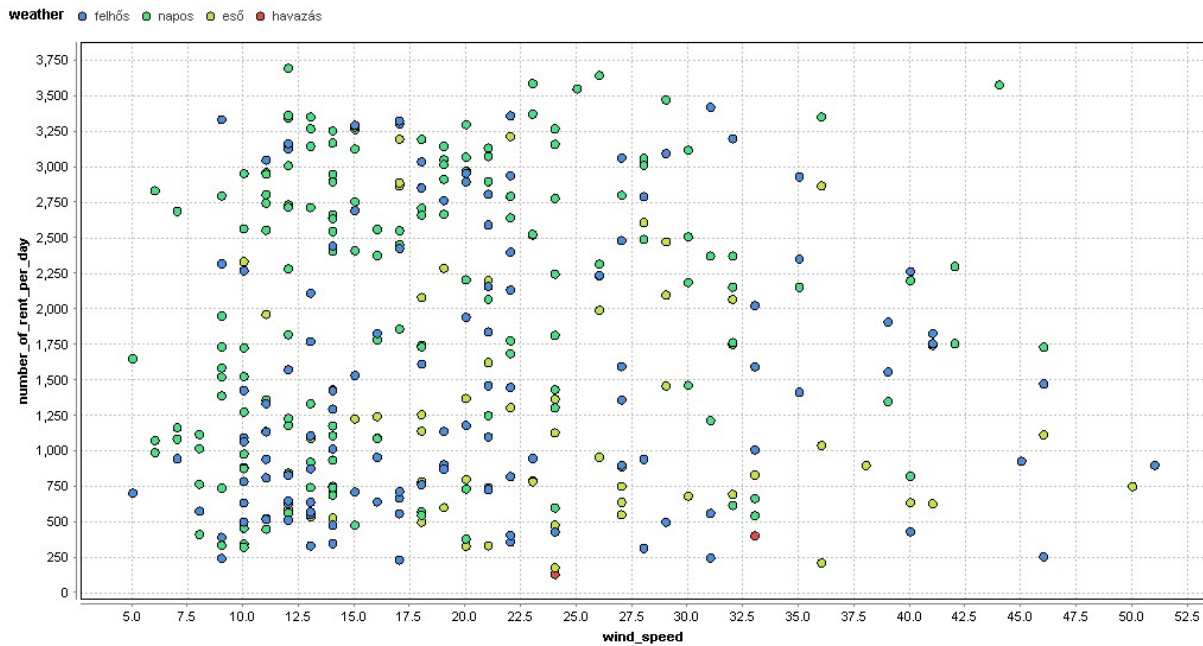


20. ábra - A napi bérlésszám napi minimum hőmérséklettől való függése

Ha a napi minimum hőmérséklet kerül ábrázolásra az x tengelyen, akkor a korábbiakban megfogalmazott trend látszik: amennyiben a napi minimum hőmérséklet viszonylag alacsony (6 és 16 °C) és az időjárás jellege sem kedvező (esős), akkor a napi bérlésszámok alatta maradnak az ugyanolyan minimum hőmérséklettel, de kedvezőbb időjárással (felhős, napos) rendelkező napokon.

A napi minimum hőmérséklettől való függése a kerékpározással töltött idő esetében hasonló összefüggéseket szolgáltat, ez a 23. Mellékletben látható. Érdekes módon a magas napi minimumok esetén szinte csak zöld pöttyöket, tehát napos időjárással bíró napokat látunk, igen magas kerékpározással töltött idővel. Ez talán abból is adódik, hogy a minimum hőmérséklet még szorosabb összefüggésben van az időjárás jellegével, mint

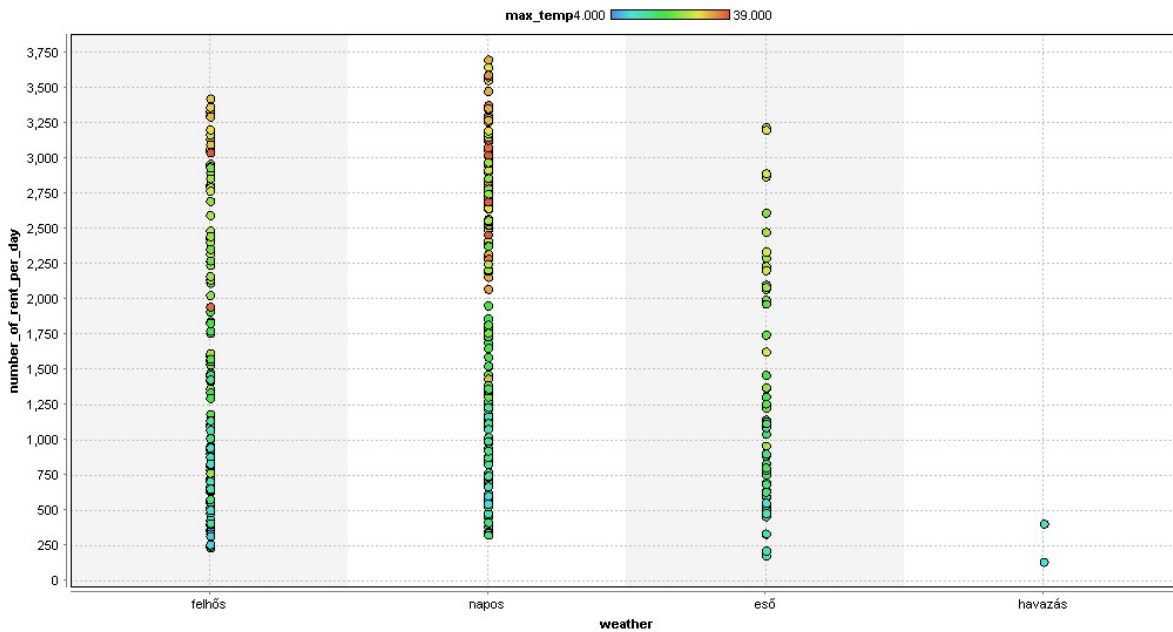
a maximum hőmérséklet. Hiszen egy esős napon a minimum hőmérséklet biztosan alacsonyabb, mint egy napos napon, köszönhetően pont az esőnek, de a maximum hőmérséklet ettől még lehet magas egy-egy rövidebb ideig tartó esőzés esetén.



21. ábra - A napi bérlésszám napi átlagos szélerősségtől való függése

A napi bérlésszám átlagos szélerősségtől való függésének vizsgálata mindössze egy egyértelműen megfogalmazható eredményt mutat: a szélerősség emelkedésével a bérlések száma csökkenő tendenciát mutat. A napos időjárással rendelkező napokon ugyanolyan napi szélerősség esetén a napi bérlések száma magasabb, mint a felhős vagy esős napokon. Egyébként alacsonyabb szélerősségek esetén igen tág napi bérlésszám intervallumban mozognak az értékek: tehát kisebb szélerősség nem igazán befolyásolja a kerékpározási vágyat.

Elemeztem továbbá a napi átlagos szélerősséget a napi kerékpározási idő összefüggésben, ez a 25. Mellékletben látható. A kerékpározással töltött idő és a szélerősség összefüggése egy elszórt pontfelhőt alkot, amiből egyértelműen látható, hogy a szélerősség emelkedésével a naponta kerékpározással töltött idő csökken. Alacsonyabb szélerősség esetén ugyanazon szélerősség értéknél többféle kerékpározással töltött idő is látható: ez ismét azt mutatja, hogy alacsony szélerősség igazából nem befolyásolja jelentősen a kerékpározási kedvet.



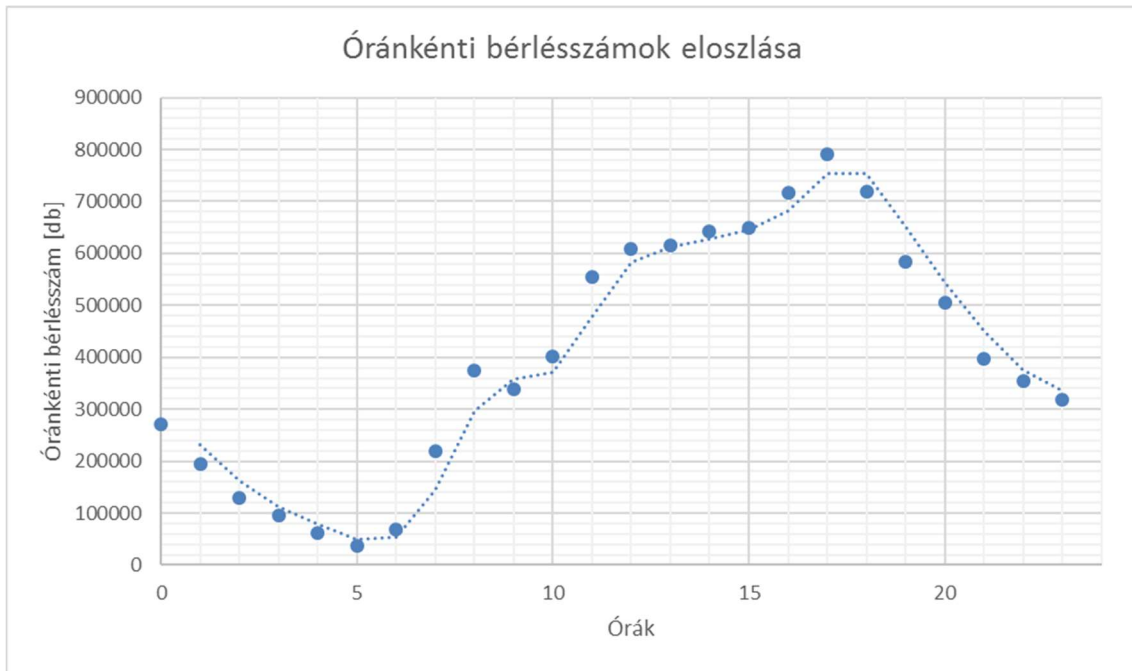
22. ábra - A napi bérlésszám időjárástól való függése

A 22. ábra még inkább látható az időjárás jellege, a napi hőmérséklet és a napi bérlésszám közötti kapcsolat. Napos és felhős napokon a bérlések száma jóval szélesebb skálán mozog, a legmagasabb értékek esetén a hőmérséklet is magas. Esős napokon a bérlésszám sokkal elszórtabb, néhány magasabb napi bérlésszám a magasabb hőmérséklettel rendelkező napokon mutatkozik. Havazás mindössze két napon volt a 2015-ös évben, így pontos következtetések nem vonhatók le, de mindenképp alacsony bérlésszámmal rendelkeznek ezek a napok.

A napi kerékpározási idő időjárástól való függése hasonló eredményeket jelenít meg, ez a 26. Mellékletben látható. A naponta kerékpározással töltött idő napos és felhős napok esetén széles skálán mozog. A magas értékek leginkább magas hőmérséklet esetén mutatkoznak. Esős idő esetén magas kerékpározással töltött idő ritkábban mutatkozik, közepesen magas napi maximum hőmérséklet esetén. Ez annak köszönhető, hogy az esős napokon egyébként sem magasak a maximum hőmérséklet értékek.

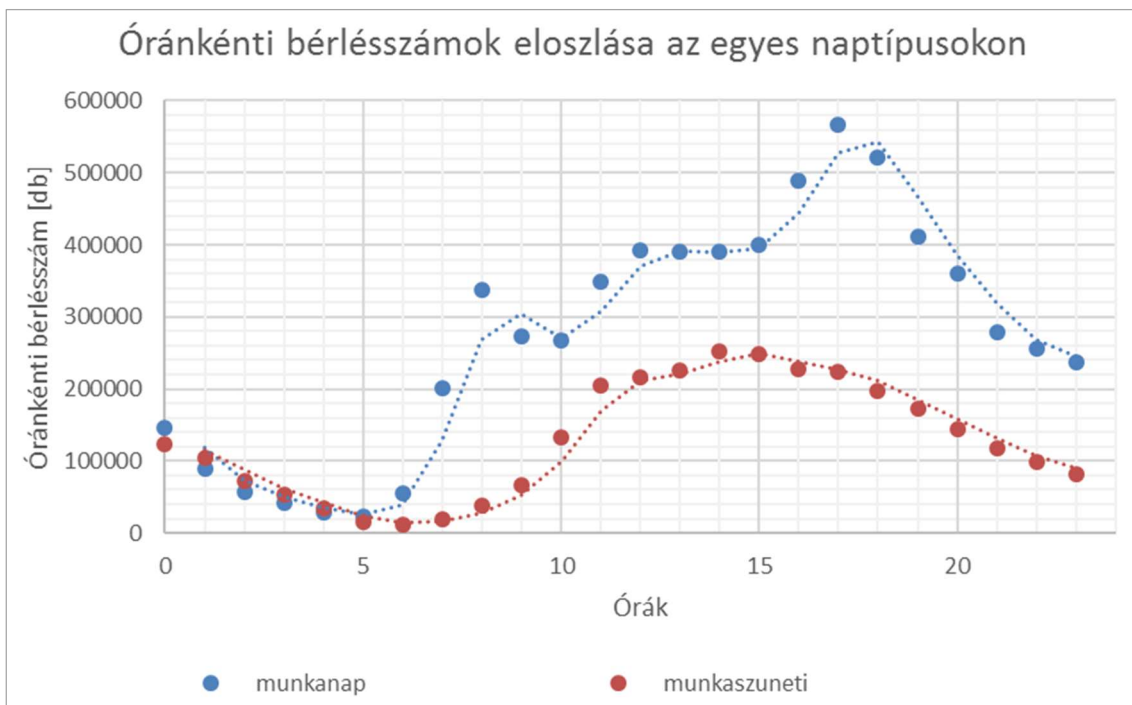
4.1.3 A bérlési jellegzetességek napi eloszlása

A MOL Bubi rendszer összes működő állomásának forgalma alapján vizsgáltam a bérlések eloszlását a nap folyamán. Az elemzéshez a 3.4.4.1. fejezetben, korábbiakban leírt módszertant használtam.



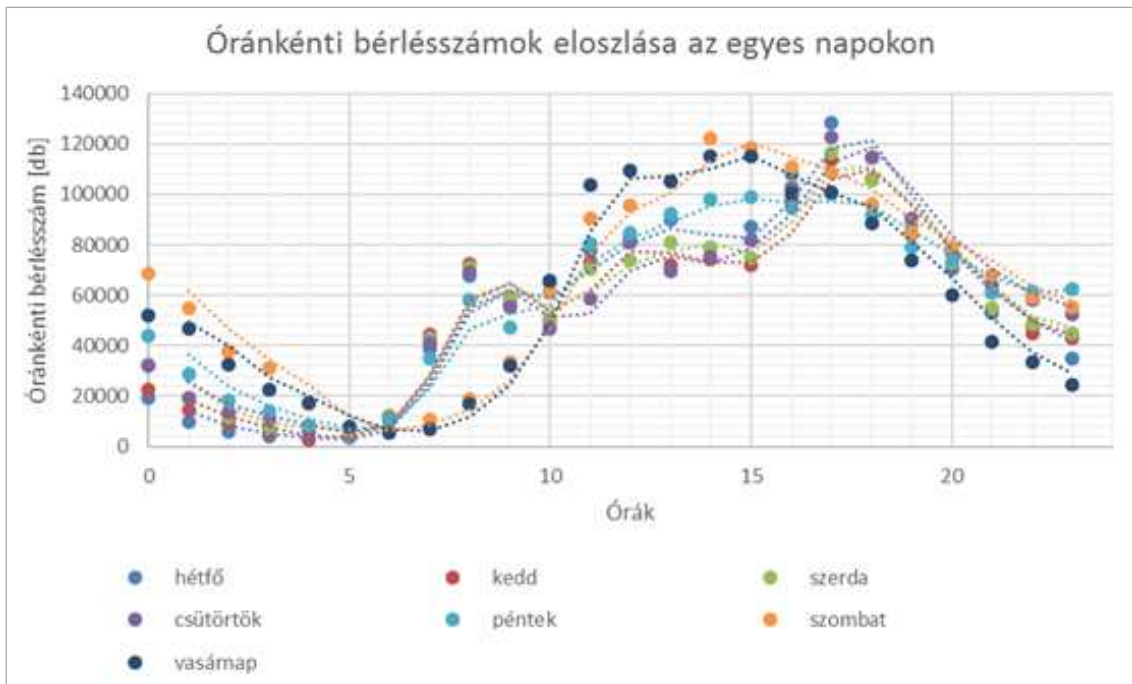
23. ábra - A bérlésszámok óránkénti lefolyása

Az óránkénti bérlések számának eloszlásából egy reggeli, kisebb és egy délutáni, nagyobb csúcs látható. A reggeli csúcs 8:00-kor látható, ezután egy kisebb visszaesés tapasztalható 8:00 és 10:00 között, majd viszonylag meredek emelkedéssel, rövid ideig tartó stagnálással és újabb meredek emelkedéssel elérjük a 17:00-ás csúcst. A késő délutáni csúcs után visszaesik a bérlésszám éjjel, majd újra reggel, 5:00 után kezd emelkedni. Ez a tendencia alapvetően megegyezik a közlekedésben tapasztalt napi forgalom lefolyással.



24. ábra - Óránkénti bérlésszámok lefolyása az egyes naptípusokon

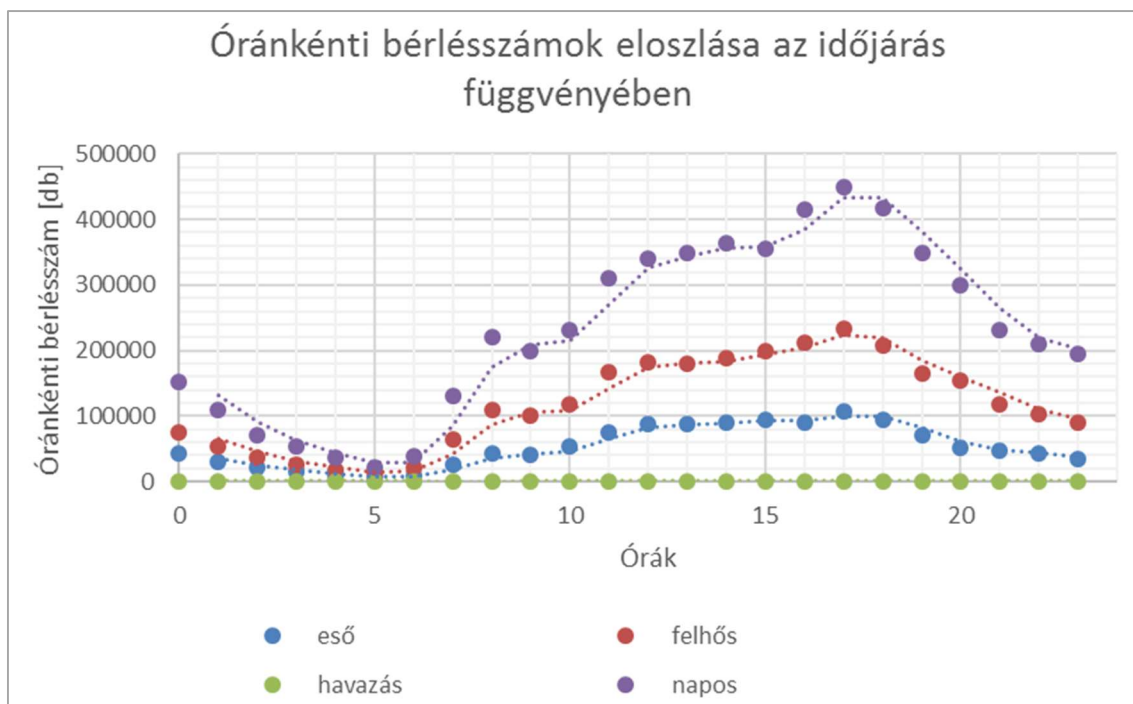
A napközbeni lefolyások vizsgálatakor kitértem az egyes naptípusok jellegzetes napi viselkedésére is. Jól elkülöníthető a munkaszüneti, illetve munkanapok bérlésszámainak különbsége. Munkaszüneti napokon később, 7:00-kor kezdődik az emelkedés, de nem olyan meredeken, mint a munkanapokon. Csúcs sem határozható meg egyértelműen: a délutáni bérlésszámok nagyobbak, mint a délelőttiék, egy hosszú, elnyújtott domborulat jelentkezik a diagramban.



25. ábra - Óránkénti bérlésszámok eloszlása az egyes napokon

Tovább vizsgálva a napi jellegzetességeket, megnéztem az egyes napokon jelentkező lefolyásokat. A hétfő, a kedd, a szerda és a csütörtöki napok nagyjából egyformán működnek. A pénteki nap lefolyása már eltér tőlük: többet kerékpároznak a felhasználók az éjjeli órákban, majd kevesebben a reggeli órákban. Kora délután megmutatkozik egy újabb, kisebb csúcs, majd egy kevésbé erős csúcs 17:00-kor. Az éjjeli különbség magyarázható a csütörtöki napi buliforgalom erősödésével, a reggeli eltérés, pedig akár köszönhető annak is, hogy a legtöbb egyetemen nincs oktatás pénteken, vagy pedig kissé másképp néz ki, mint a hét korábbi napjain. A délutáni csúcsok változása a pénteki nap eltérő munkazárási időpontjaiból is adódhatnak.

A szombati és a vasárnapi kerékpár bérlési forgalom lefolyása nagyjából megegyezik. A szombati görbe végig a vasárnapi görbe felett fut, tehát a hétvégi forgalom szombati napokon jelentkezik nagyobb mértékben.



26. ábra - Óránkénti bérlettszámok eloszlása az időjárástól függően

Attól függően, hogy az egyes napokon milyen időjárás mutatkozott, ábrázoltam a különböző időjárással bíró napi lefolyásokat. A görbék függőleges sorrendje nem meglepő, a napos időjárással bíró napokon történik a legtöbb bérlet, majd a felhős, esős és havazással bíró napok következnek. A nap folyamán történő bérlettszám változásban jelentős különbség nincsen.

4.2 Gyűjtőállomások működésére vonatkozó vizsgálatok

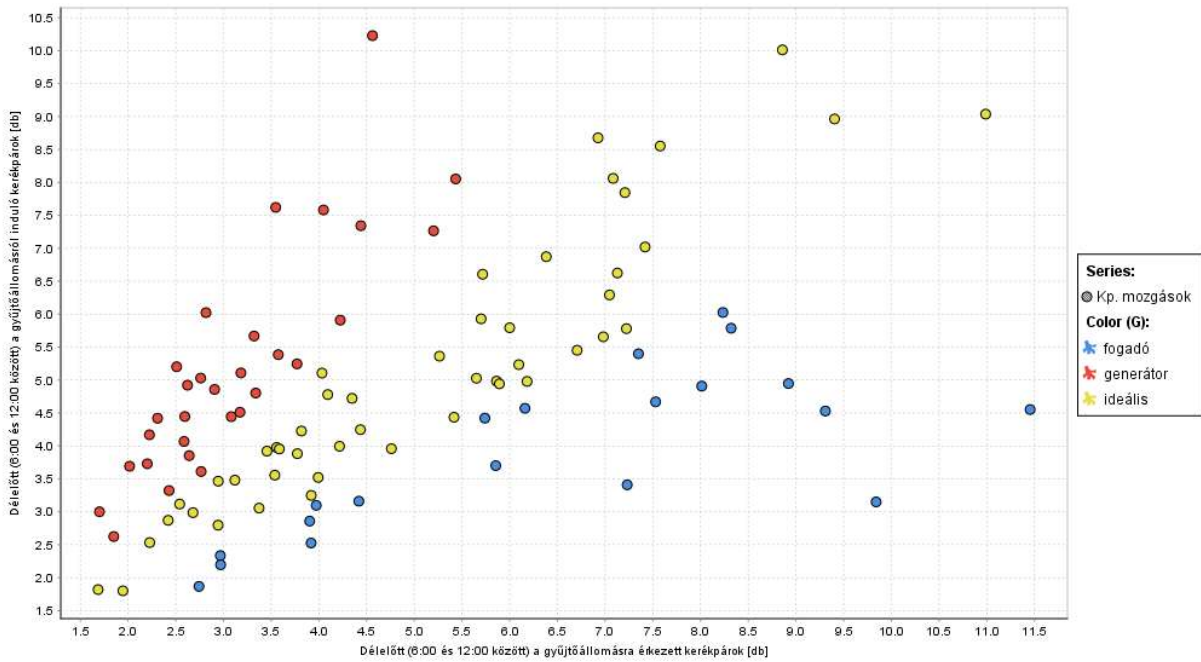
A 3.4.4. fejezetben leírt elemzések könnyebb értelmezése érdekében általánosan is elemeztem térképeken a gyűjtőállomások forgalmát az egyes naptípusokon és napszakokon mindkét irányú műveletek szempontjából. Ezeket az elemzéseket mutató ábrákat a mellékletben (1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16. Melléklet)

4.2.1 Gyűjtőállomások viselkedése az egyes napszakokban

A 3.4.4.1. fejezetének módszertani leírása alapján elvégeztem az elemzéseket. A gyűjtőállomásokat viselkedésük szerint három csoportba soroltam.

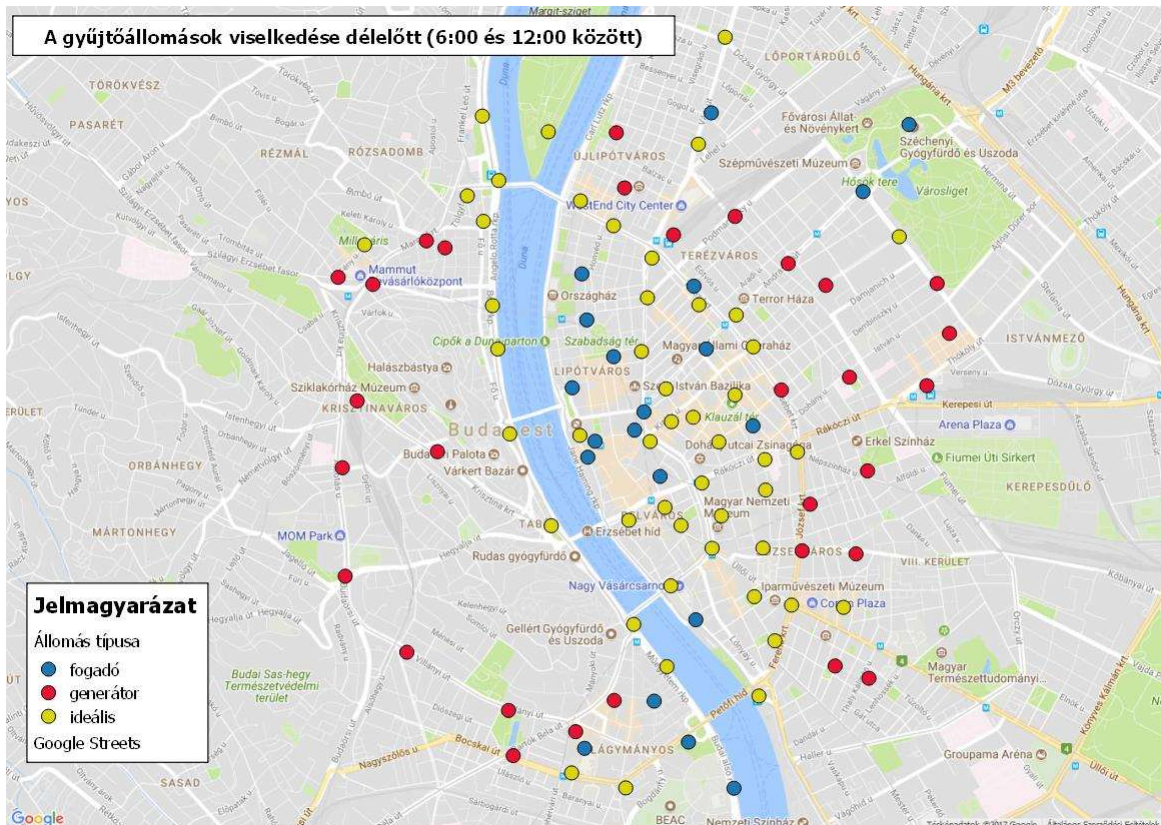
„Fogadó” állomásként azok az állomások működnek, amelyek esetében a kerékpárok érkezése hangsúlyosabb, mint az onnan elinduló kerékpárosok száma. A „generátorként” működő állomások pont az előzőekben leírtak fordítottja szerint működik, a kerékpárok felvételének száma a gyűjtőállomáson felülmúlja a leadott kerékpárok számát. „Ideálisan” működik az állomás, ha adott napszakban a gyűjtőállomáson felvett és leadott kerékpárok száma nagyjából megegyezik.

Napszakonként a következő eredmények születtek:



27. ábra - Dél előtt (6:00 és 12:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése

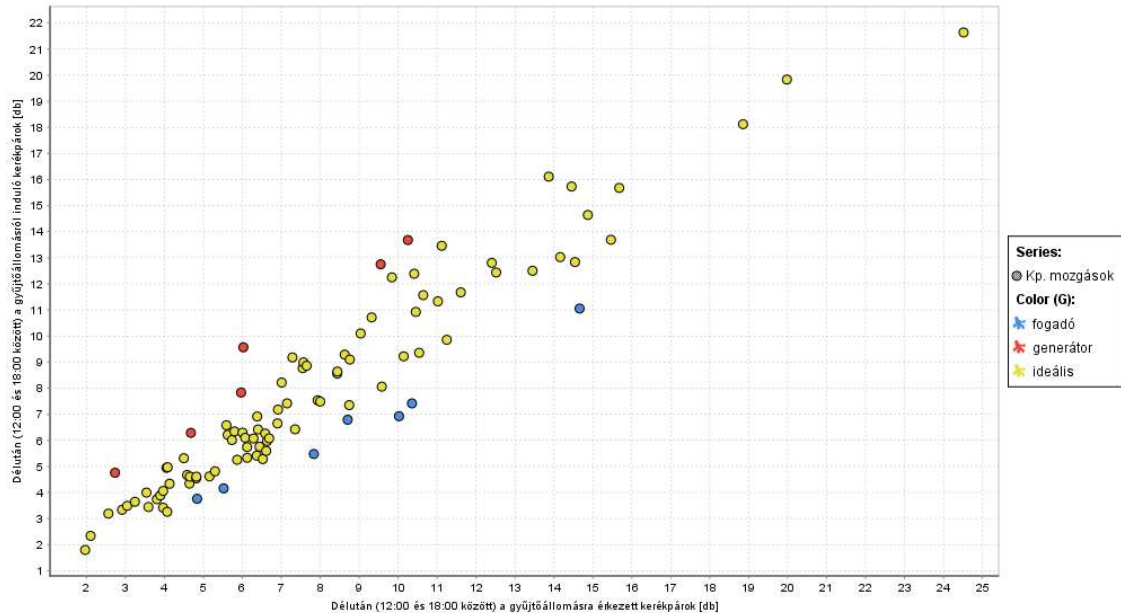
Dél előtt látható a legnagyobb szórás a gyűjtőállomások viselkedésében. Ebben a napszakban a legalacsonyabb az „ideálisként” működő gyűjtőállomások száma.



28. ábra - Dél előtt (6:00 és 12:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása

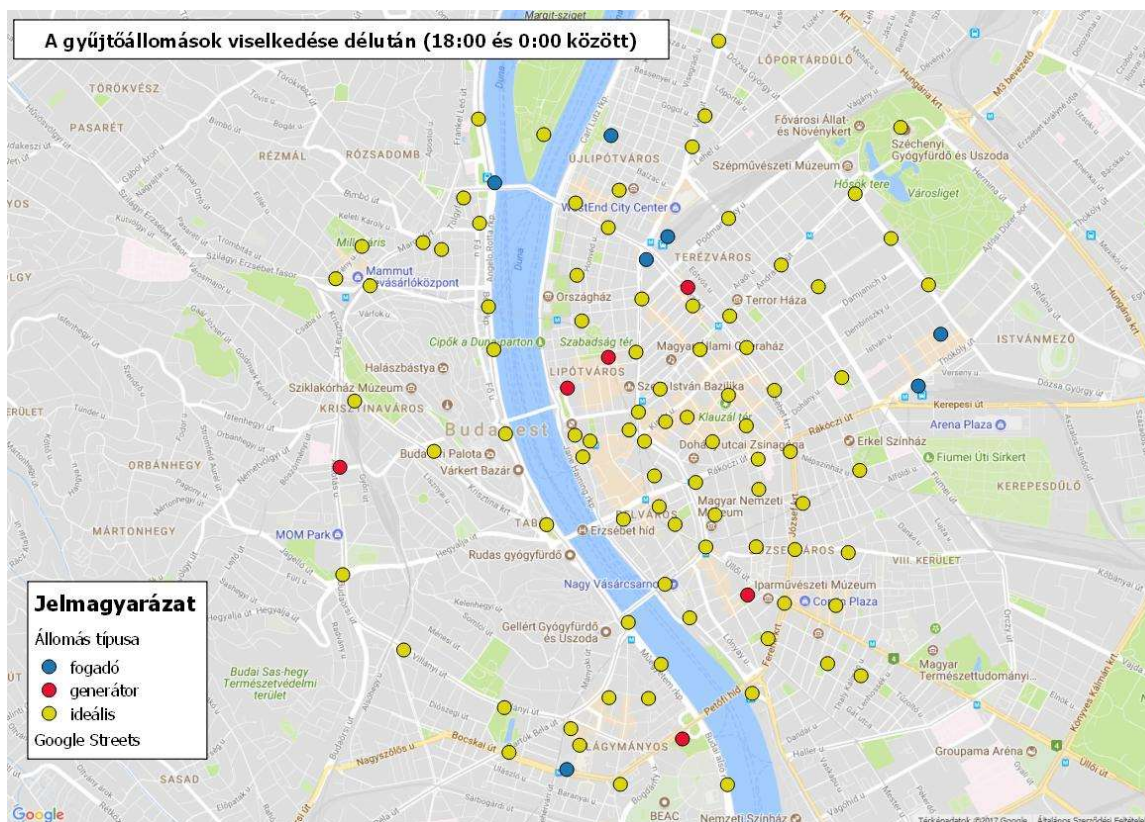
A térkép egyértelműen alátámasztja az elvárt mozgási irányokat. A reggeli órákban a város külső területein elhelyezkedő gyűjtőállomásokról a belváros belső területeire

haladnak a felhasználók. A város belső területein az állomások viselkedése „ideális”. A legjelentősebb érkezési állomások közé sorolható a Belváros és Lipótváros gyűjtőállomásai, valamint Dél-Buda Dunához közelebb eső állomásai. A belső területekkel szemben a Városliget is jelentős célállomás a délelőtti órákban.



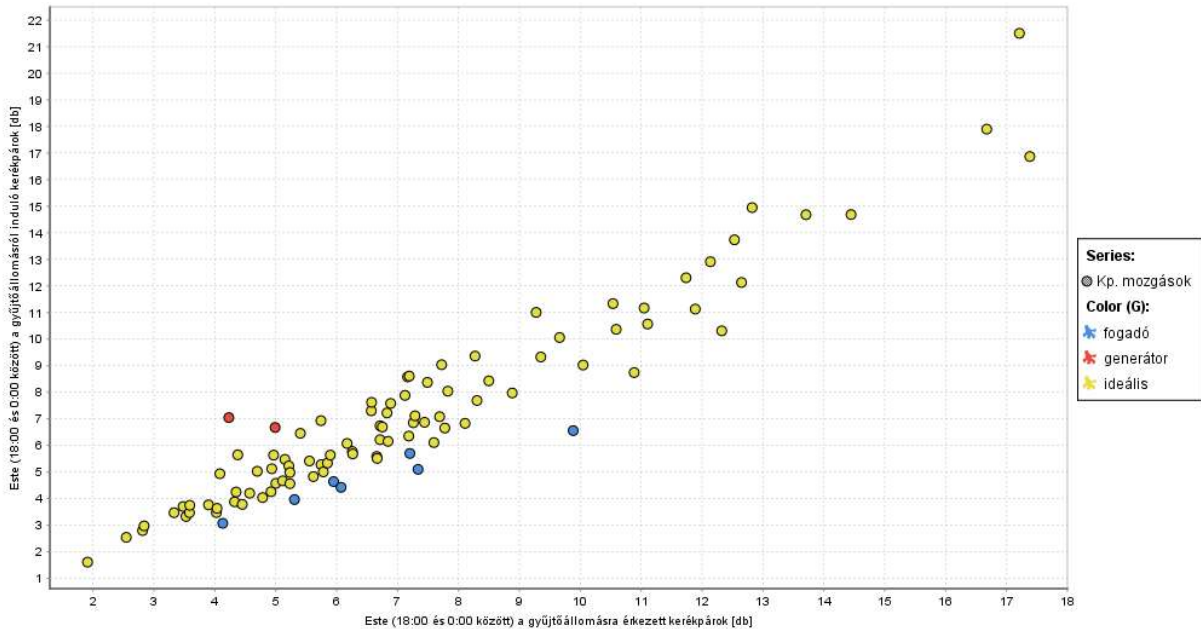
29. ábra - Délután (12:00 és 18:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése

Délután a délelőtti mozgásokhoz képest már egy sokkal kiegyenlítettebb lefolyás mutatkozik. Alig akad nem „ideális” viselkedésű gyűjtőállomás.



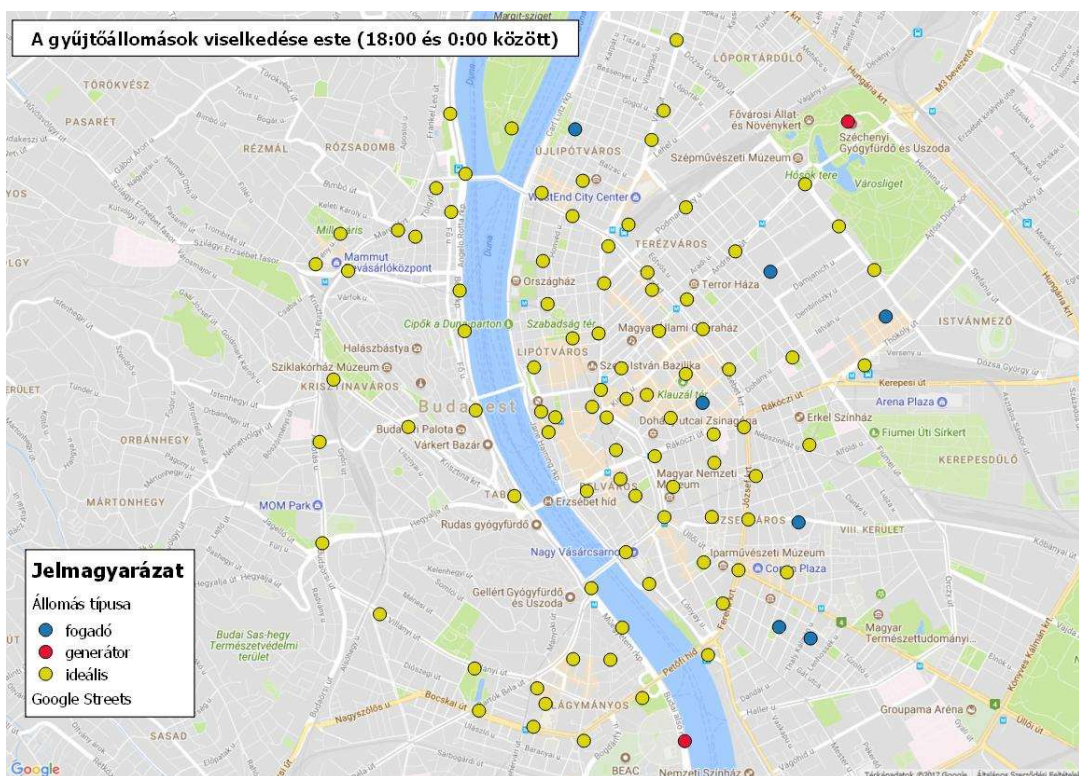
30. ábra - Délután (12:00 és 18:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása

A délutáni órákban elszórta vannak a város területén „fogadó” és „generátor” állomások. Az mindenképp elmondható, hogy a fogadóállomások inkább a város külső területein helyezkednek el, két jelentős célpont a Nyugati pályaudvar és a Keleti pályaudvar.



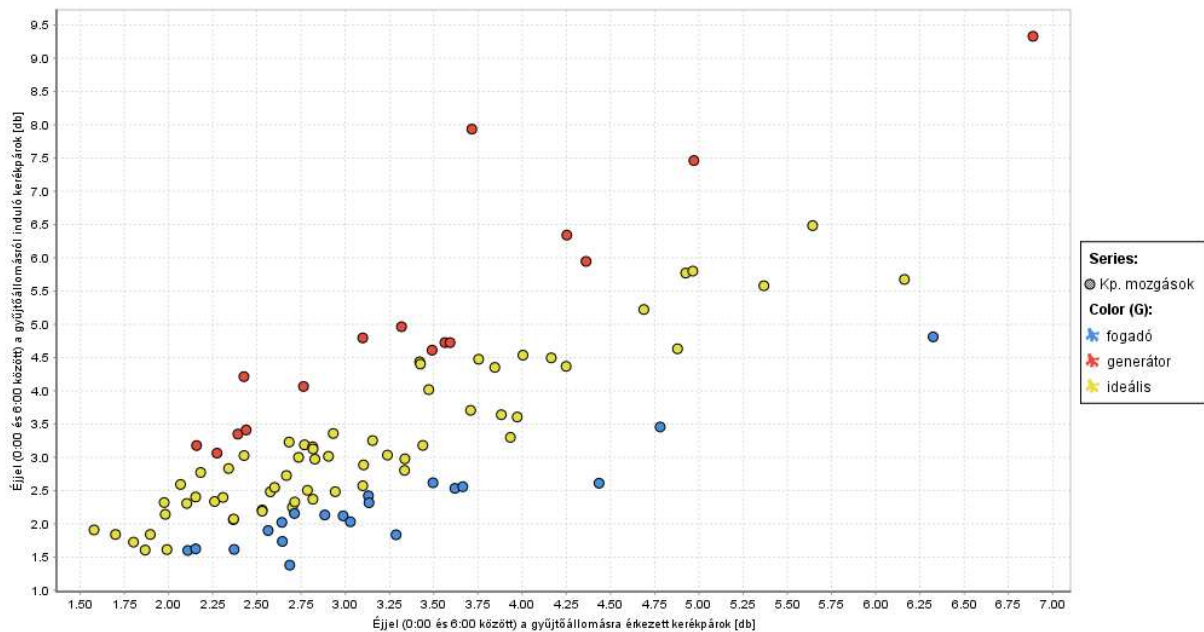
31. ábra - Este (18:00 és 0:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése

Az esti órákban szintén nem jelentős a nem „ideális” viselkedésű gyűjtőállomások száma. Ezek közül is a fogadóállomások vannak túlsúlyban.



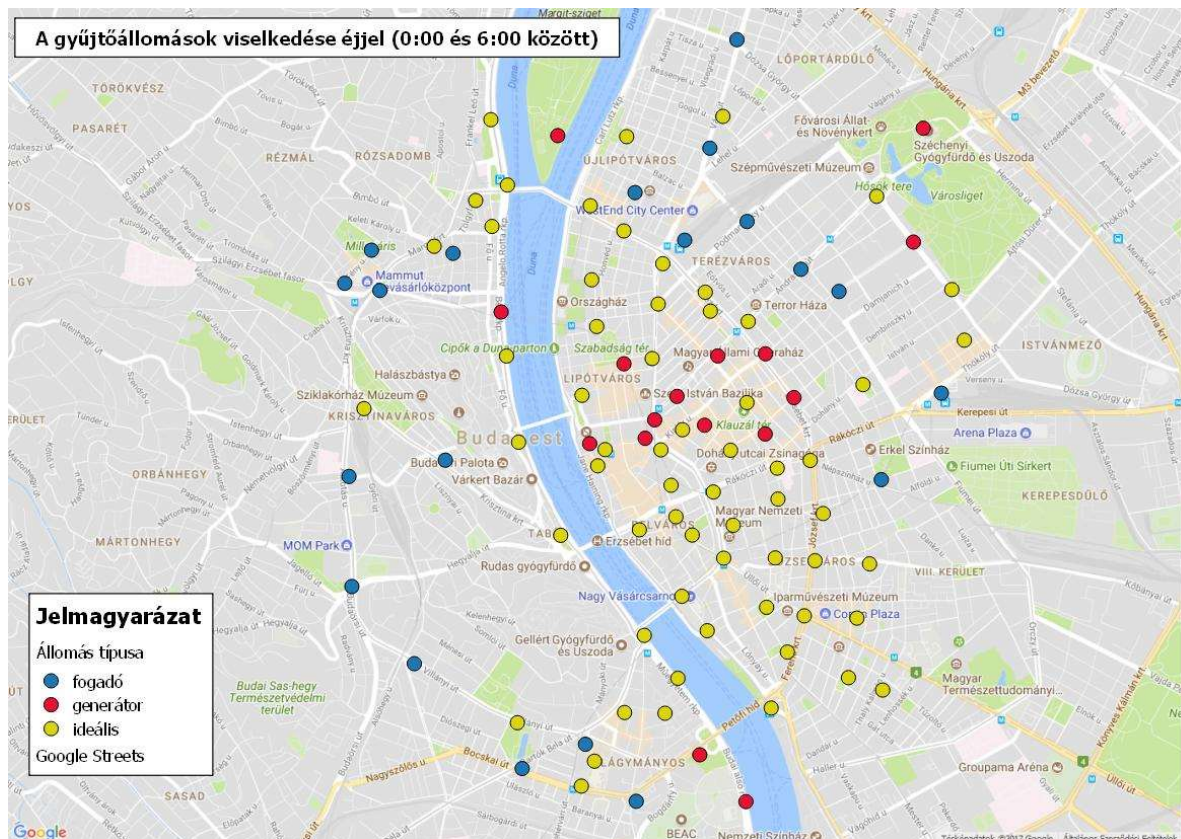
32. ábra - Este (18:00 és 0:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása

Érdekes módon a fogadó állomások nagyjából egy környéken helyezkednek el: Dél-, és Kelet-Pesten. Generátor állomásként működik a térben egymástól igen távol eső Városligetben található gyűjtőállomás és a Pázmány Péter sétányon található állomás.



33. ábra - Éjjel (0:00 és 6:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése

Éjjel a délelőtti időszakhoz hasonlóan ismét több a nem „ideálisan” működő gyűjtőállomás.



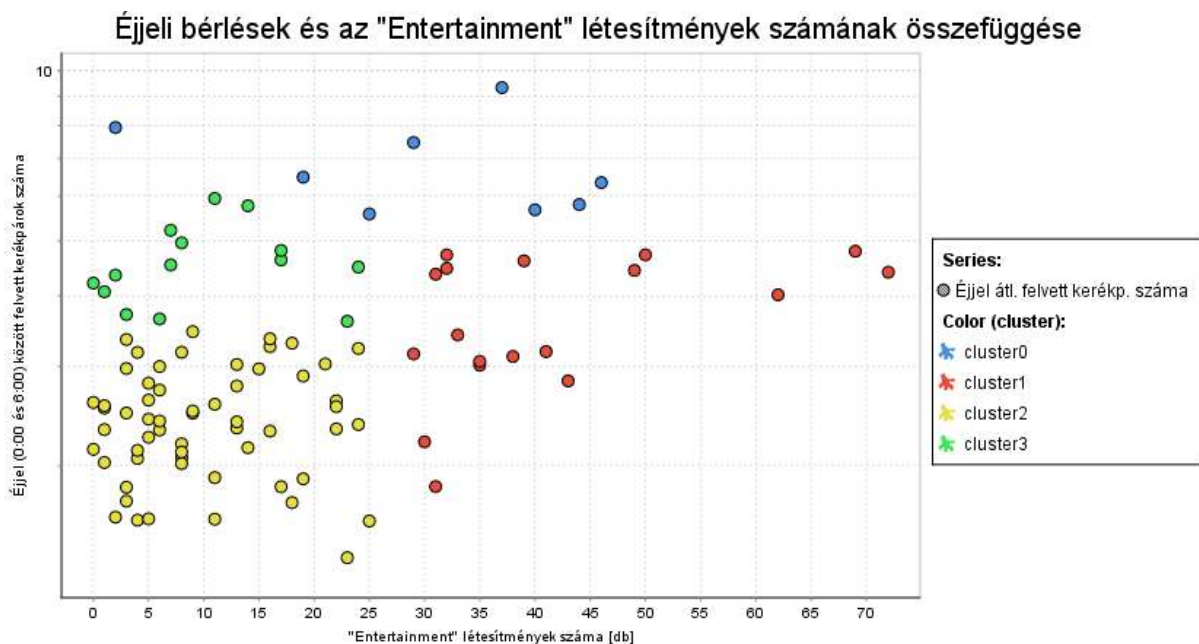
34. ábra - Éjjel (0:00 és 6:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása

A térképen szinte a délelőtti időszak fordított állapota látható. A külső területek gyűjtőállomásai funkcionálnak „fogadó” állomásként, a belső területek állomásai pedig „generátor” állomásként. Jól kirajzolódik a piros körökből a „bulinegyed”, illetve piros színt kaptak még a nagy felületű zöld területekhez közel eső gyűjtőállomások (Városliget, Margit-sziget, Pázmány Péter-sétány – Kopaszi gát)

Összességében elmondható, hogy az egyes gyűjtőállomások a különböző napszakokban eltérő „módban” működnek. Az elvárásoknak megfelelően teljesült a vizsgálat: a reggeli, illetve az éjszakai mozgások irányának túlsúlya az előzetes feltételezések szerint alakult, kirajzolódtak a közösségi közlekedéssel ingázók délutáni órákban történő mozgása, például a vasútállomások felé.

4.2.2 Gyűjtőállomások éjszakai forgalmának és az állomások közelében található szórakozóhelyek számának kapcsolata

A 3.4.4.2. fejezetben leírt műveletek elvégzése után a következő eredmények adódtak:



35. ábra - Az éjjeli bérlesek és az "entertainment" elemek számának összefüggése

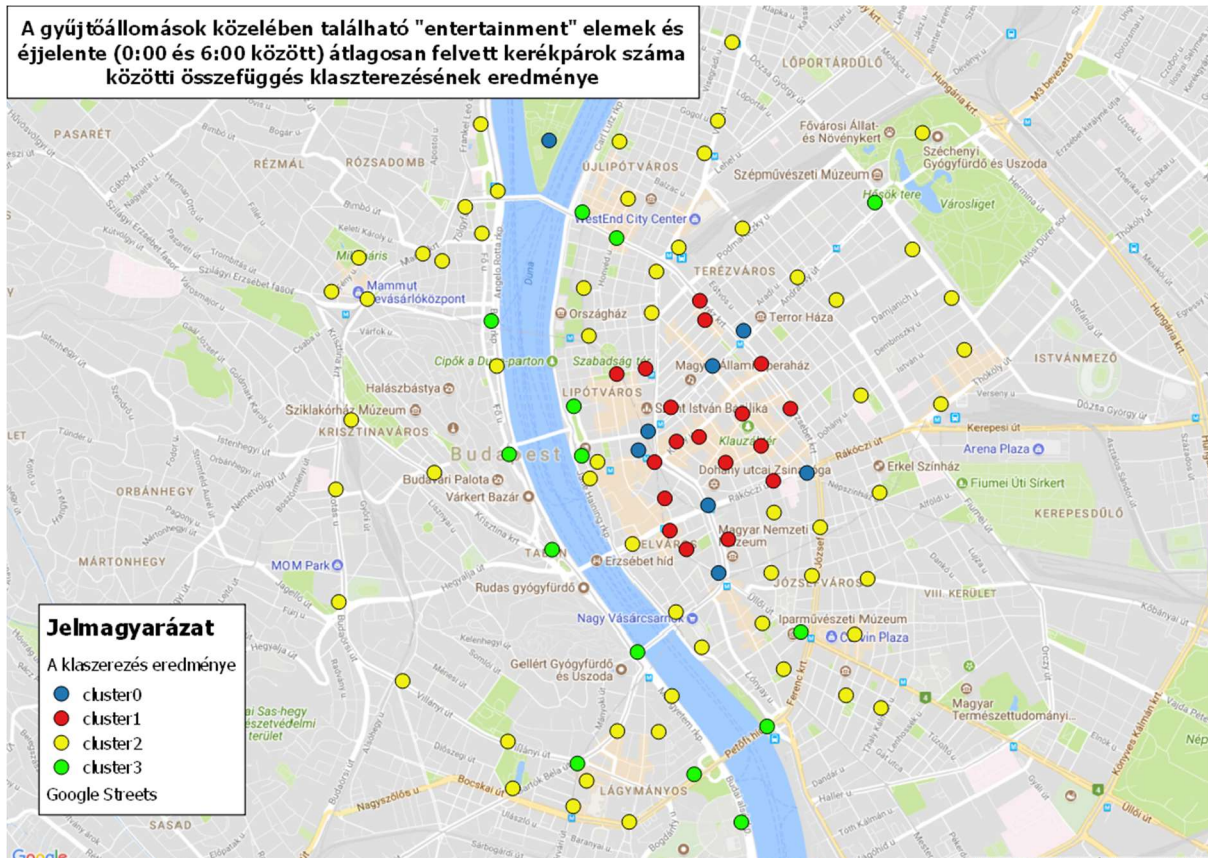
Az ábrán látható az éjjel (0:00 és 6:00 között) indított bérlesek száma és a gyűjtőállomások 300 méteres környezetében található „entertainment” létesítmények számának összefüggése. Látható, hogy nem egyértelmű egyenes arányosság áll fent a két tényező között. A WEKA k-átlag algoritmusával négyféle csoportot képeztem.

A csoportok jellegzetességei a következők:

Léteznek olyan gyűjtőállomások, amelyek közelében mindegy, hogy van-e szórakozóhely, mert ott mindenképpen magas a bérlesek száma éjjelente. Ezt a csoportot a kék szín jelöli. A zöld színnel jelölt gyűjtőállomások esetében elmondható, hogy a szórakozási lehetőségek száma alacsony a gyűjtőállomások közelében, viszont a bérlepszám aránylag magas. A sárgával jelölt gyűjtőállomások közelében az

„entertainment” elemek száma alacsony, és a bérlepszám is ezek esetében a legalacsonyabb. Míg a pirossal színezett állomások közelében a kikapcsolódási lehetőségek száma magas, a bérlepszám pedig változó.

A jobb értelmezhetőség érdekében térképen is ábrázoltam az állomások és azonos színekkel jelöltem az egyes állomások klaszterbe sorolását is.



36. ábra - Az éjjeli bérlesek és a gyűjtőállomások közelében lévő szórakozóhelyek számának kapcsolata térképen ábrázolva

Látható, hogy a szórakozóhelyektől függetlenül magas bérlepszámot produkáló kék színnel jelölt állomások az Andrásy út belső részein találhatóak, valamint ide tartozik a Blaha Lujza tér, az Astoria, a Kálvin tér és a Margit-sziget. Ezek egy része jelentős közlekedési csomópont, vagy pedig a „bulinegyed” külső határán található. A Margit-sziget pedig a természeti adottságai miatt a nap minden szakában jelentős forgalommal bír.

A piros színnel jelölt állomások Pest belső magjában, a „bulinegyedben” helyezkednek el kivétel nélkül, ahol jelentős éjszakai élet folyik az itt jelentős számban elhelyezkedő szórakozóhelyek miatt.

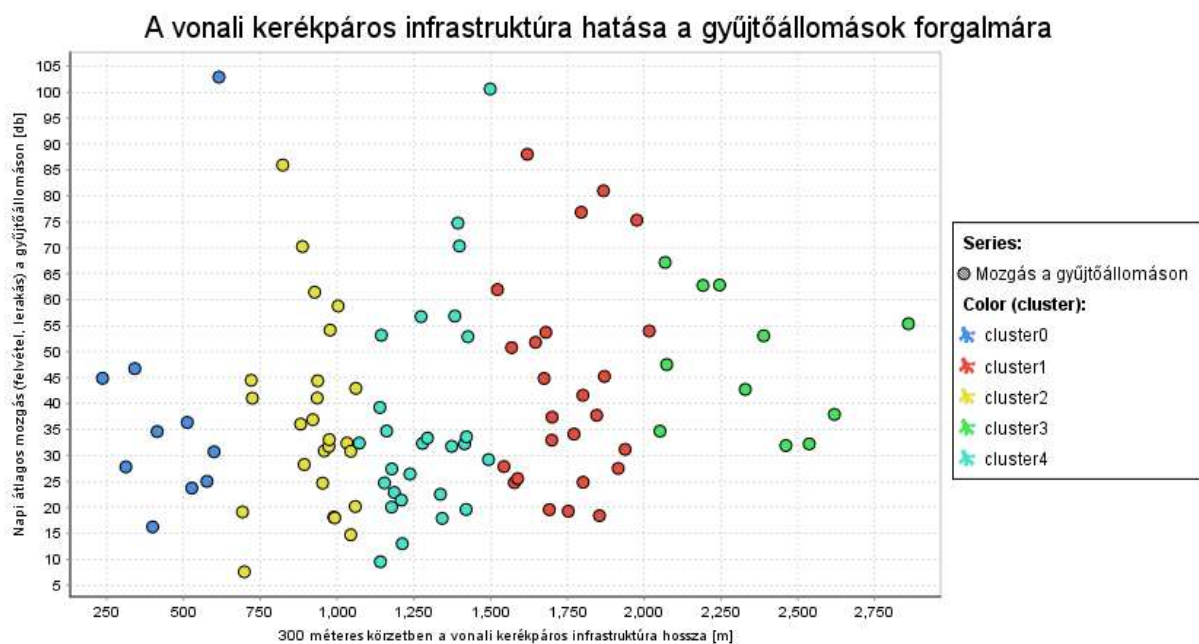
A sárga színnel jelölt állomások a város külső területein találhatóak, vagy pedig a belső területeken helyezkednek el, de kevésbé fontos közlekedési csomópontok. Ezek esetében sem a jelentős éjszakai forgalomvonzó létesítmények, sem erős éjszakai forgalom nem jelentkezik.

A zöld színnel jelölt állomások érdekes módon a Duna vonala mellett haladnak, kivételt képez a Corvin-negyednél, a Móricz Zsigmond körtéren, a Hősök terén, a Boráros téren, a Nyugati pályaudvarnál vagy pedig a Pázmány Péter sétányon található állomások. Ezek esetében az előbbieken tárgyaltak szerint kisebb a közelükben található szórakoztató létesítmények száma, azonban a forgalom mégis magas. Jelentős részük fontos közlekedési csomópontok, például a Corvin-negyed, Móricz Zsigmond körtér, Boráros tér, Nyugati pályaudvar gyűjtőállomásai. Más állomások, például a Hősök terén vagy a Pázmány Péter sétányon található állomások a közelükben található zöld területek (Kopaszi-gát, Városliget) miatt lehet erős a forgalom. Továbbá a Pázmány Péter sétányon található gyűjtőállomás az első állomás a délről érkező forgalom esetében, akik éjjel a délebbi szórakozóhelyekről érkezhetnek. A Duna part mentén található állomások zöld színjelzése magyarázható a földrajzi adottságuk miatt, a természetközeli szerepe miatt vagy a Duna mentén elhelyezkedő kevés számú, de jelentős szórakozóhelyekhez.

Összességében kijelenthető, hogy a vizsgálat eredményei szintén az elvárásoknak megfelelően alakultak. Megjelent az eredményekben a pesti „bulinegyed” jelentős éjszakai forgalomvonzó hatása. Könnyen elválaszthatóak a „buliforgalom” miatt népszerű gyűjtőállomások és a más egyéb szempontból is forgalomvonzó hatással bíró állomások.

4.2.3 Gyűjtőállomások átlagos napi forgalmának és az állomások közelében lévő vonali kerékpáros infrastruktúra hosszának kapcsolata

A 3.4.4.3. fejezet módszertani leírása szerint végeztem az elemzéseket. A teljes, tehát mind az öt vizsgált vonali infrastruktúrára vonatkozóan a következő eredmények születtek:



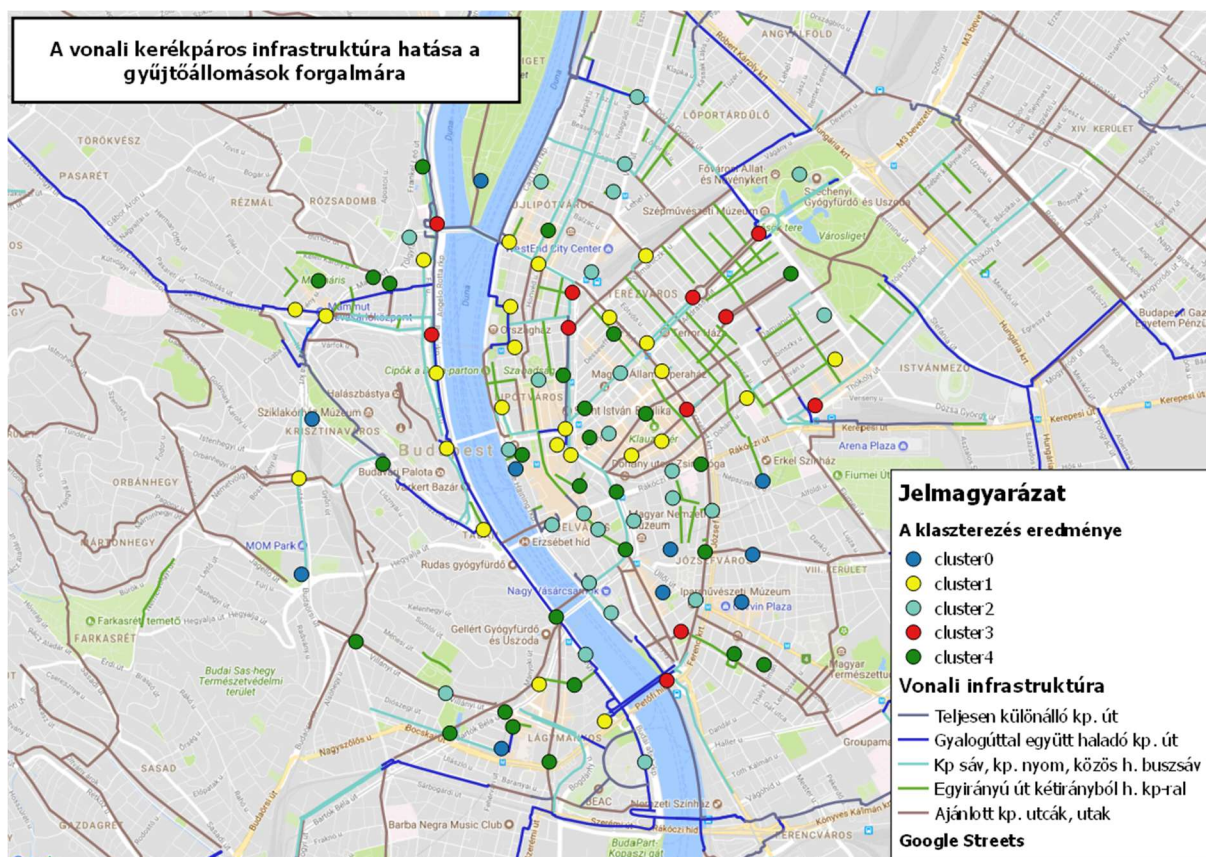
37. ábra – Vonali kerékpáros infrastruktúra hatása a gyűjtőállomások átlagos napi forgalmára

Ötféle klasztert alkottam a WEKA szoftver segítségével, mivel így még ez a klaszterszám elfogadható és a hibaérték is viszonylag alacsony. Azonban már az SSE hibaérték (3.4.1. fejezet) nagyságából is látszott, hogy a csoportosítás nem igazán megfelelő.

Az ötféle csoport jellemzői nagyjából így foglalhatók össze:

A sötétkék jelzésű gyűjtőállomások közelében kerékpáros infrastruktúra alig található, a forgalom közepes, egy pont kivételével. A sárga jelzésű gyűjtőállomások esetében szóródnak a bérleti értékek, a környezetük kicsit több vonali kerékpáros infrastruktúrával bír. A világoskék jelzésű gyűjtőállomások szintén szóródó forgalmi értékeket mutatnak, a közelükben már több mint egy km hosszúságú kerékpáros infrastruktúra található. A pirossal jelölt gyűjtőállomások környezetében már viszonylag magas a kerékpáros infrastruktúra hossza, illetve a gyűjtőállomásokon az átlagos mozgási műveletek számának minimuma magasabb értéken található, mint a sárgával vagy a világoskékkel jelzett állomásokon. A zöld színnel jelölt gyűjtőállomások esetében pedig még magasabban található az átlagos napi mozgási műveletek száma.

Térképen is ábrázoltam a klaszterezésnek megfelelő színek szerint a gyűjtőállomásokat, a konklúzió könnyebb levonása érdekében.



38. ábra - Vonali kerékpáros infrastruktúra hatása a gyűjtőállomások átlagos napi forgalmára - térképi megjelenítés

A sötétkék gyűjtőállomások főképp azok az állomások, melyek közelében a vonali kerékpáros infrastruktúra minimális és az állomások földrajzi helye közlekedési

szempontból sem jelentős. Kiemelendő közülük a margit-szigeti gyűjtőállomást, amely kiemelkedő forgalommal bír, ez a korábbi elemzésekben is megjelent.

A sárga színnel jelölt gyűjtőállomások főként belvárosi, például a Nagykörúton, a budai oldalon, a Duna mentén található állomások, illetve belső pesti területeken vagy külső budai területeken foglalnak helyet.

A világoskék állomások két állomás kivételével mind a pesti oldalon találhatóak. Ezek is koncentrálnak, főként a Belváros, Palotanegyed és Újlipótváros területein.

A pirossal, illetve zölddel jelölt gyűjtőállomások érdekesebbek, mivel egyedül ezek esetében fogalmazható meg némi összefüggés a két vizsgált tényező között. Tehát amely állomások közelében több vonali kerékpáros infrastruktúra található, ott a legalacsonyabb átlagos napi mozgási számmal bíró gyűjtőállomáson is több mozgás folyik, mint a többi csoport legalacsonyabb mozgási adatával bíró gyűjtőállomásokon. Ezek az állomások egy része jelentős közlekedési csomópont (Blaha Lujza tér, Astoria, Kálvin tér, Móricz Zsigmond körtér, Keleti pályaudvar, Batthyányi tér, Szent Gellért tér, Kosztolányi Dezső tér, Margit híd – Budai hídfő, Nyugati pályaudvar), amelyek azért kerültek ebbe a két csoportba, mert igen jelentős kerékpáros forgalommal bírnak már csak a hálózaton betöltött szerepük miatt is.

A közlekedési szempontból kevésbé jelentős állomások esetén (Ferenc tér, Horvát utca, Mechwart liget, Pannónia utca) esetében pedig egyértelműen a vonali kerékpáros infrastruktúra magas aránya okozta a piros vagy zöld színt.

Külön kiemeltem vizsgáltam a teljesen különálló, vagy a gyalogosjárdától jól megkülönböztetett kerékpárút hatását az állomások forgalmára. A klaszterezés eredménye a 27. Melléklet ábráján látható. Az ábra alapján nem mondható el egyértelmű összefüggés, mivel a pontok jelentősen szóródnak. Ábrázoltam térképen is a gyűjtőállomásokat. A térkép a 28. Mellékletben található. Látható, hogy a program a színezéseket mindössze az alapján osztotta zöldtől eltérőnek, ha az állomás közelében a vizsgált kerékpárút típus megtalálható. Tehát az a következtetés vonható le a vizsgálatból, hogy a gyűjtőállomások közelében a teljesen különálló, vagy a gyalogosjárdától jól megkülönböztetett kerékpárút nem hat a gyűjtőállomás forgalmára.

Összességében elmondható, hogy szoros összefüggés nem mondható ki a két vizsgált tényező között, ami egy teljesen elfogadható eredmény. Hiszen a legtöbb mozgás során az adott gyűjtőállomás közelében konkrét célja van a kerékpározóknak, nem csak a biztonságos kerékpározás miatt érkeznek vagy indulnak el az adott helyszínről. Továbbá már a gyűjtőállomások helyszínének kijelölésekor is szempont a vonali kerékpáros infrastruktúrák elhelyezkedése.

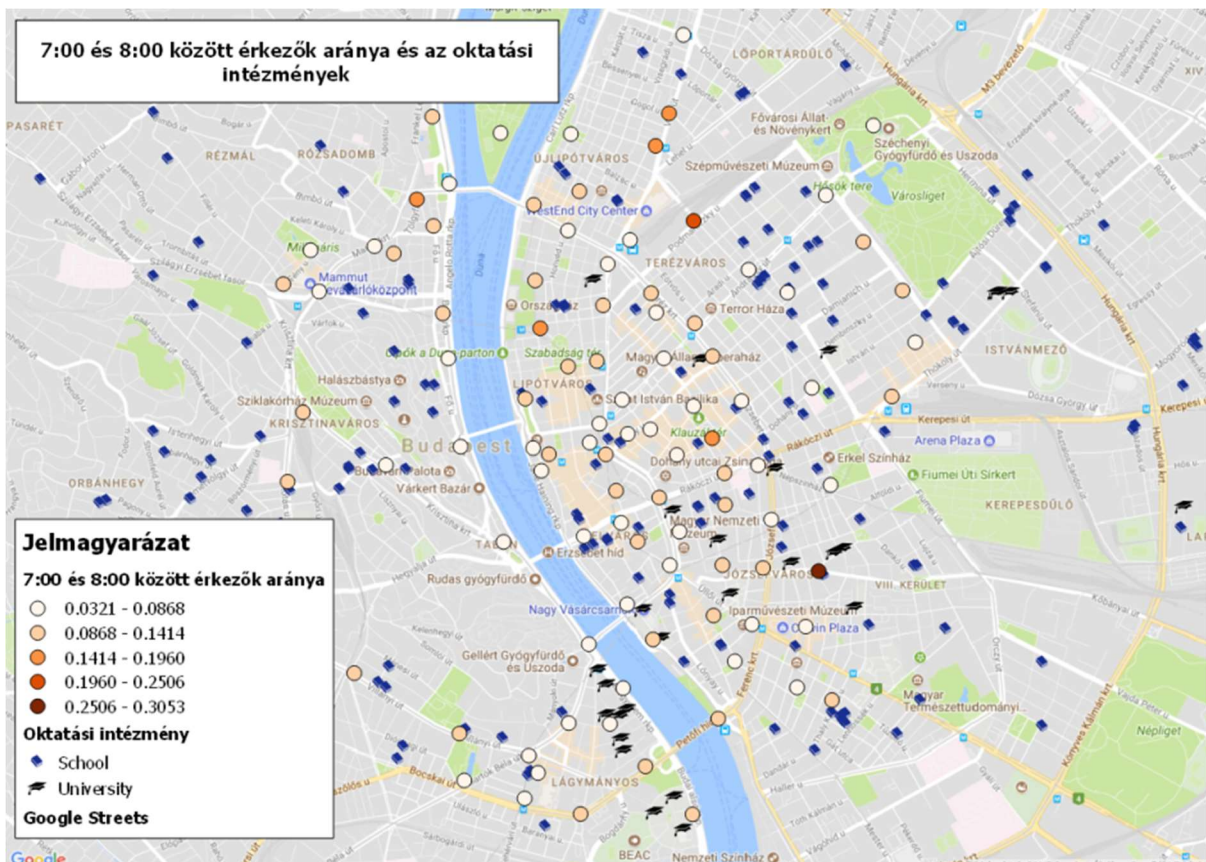
4.2.4 Gyűjtőállomások délelőtti érkező forgalmának és az állomások közelében elhelyezkedő oktatási intézményeknek a kapcsolata

A 3.4.4.4. fejezetben leírtak szerint elvégeztem az elemzést. Első körben ábrázoltam a 7:00 és 8:00 között a gyűjtőállomásra érkező forgalom arányát a gyűjtőállomás

közelében található oktatási intézmények függvényében. Ez a 30. Melléklet ábráján látható.

7:00 és 8:00 között a legforgalmasabb gyűjtőállomás a délelőtti időszak teljes forgalmához viszonyítva a Horváth Mihály tér, amely közelében helyezkedik el az ELTE és az Óbudai Egyetem több oktatási épülete, de egy általános iskola és gimnázium is a gyűjtőállomás közelében található. Más gyűjtőállomások, amelyek közelében felsőoktatási intézmény található, nem rendelkezik magas érkezési aránnyal, továbbá azok az állomások sem, amelyek közelében az iskolák száma magas.

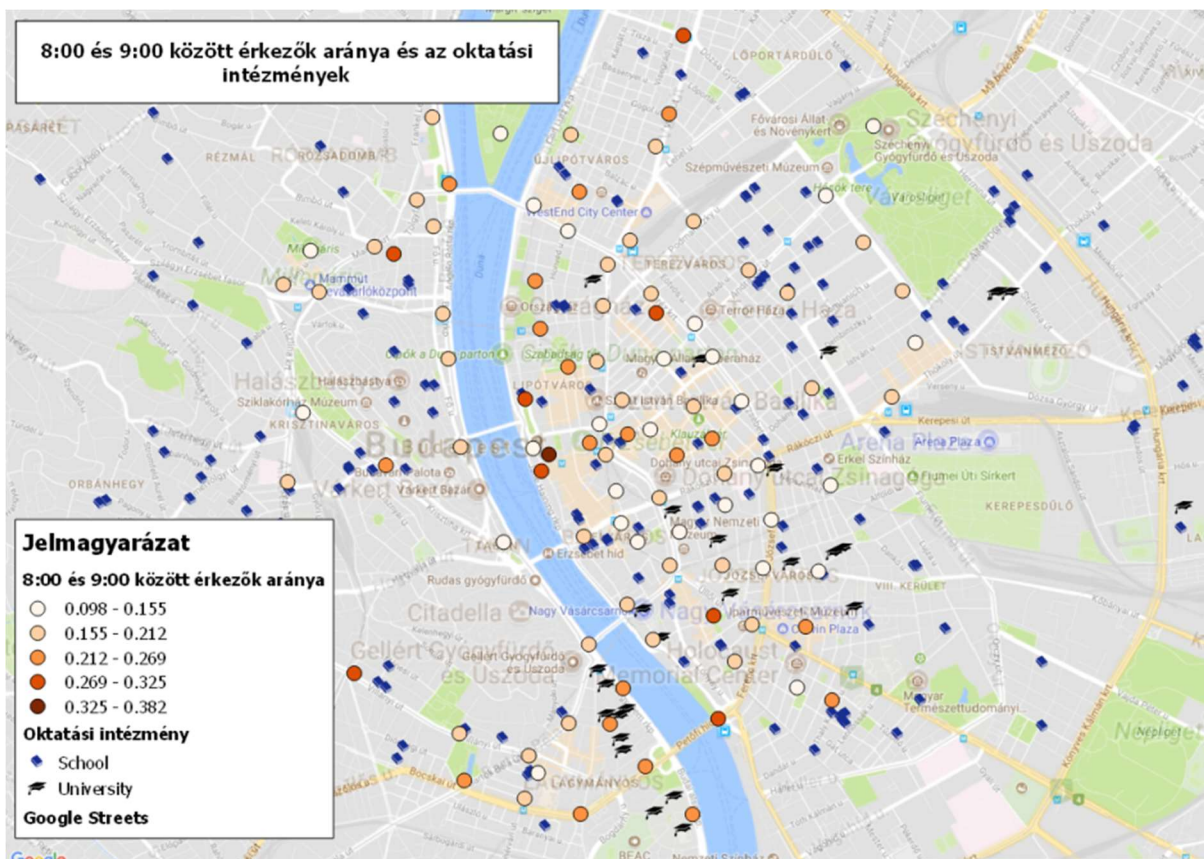
Ábrázoltam térképen is az állomásokat, illetve az oktatási intézményeket. Fekete kalappal jelöltem a felsőoktatási intézményeket, kék könyvvel pedig minden egyéb oktatási intézményt (óvoda, általános iskola, középiskola). Ahol sűrűsödés található, ott elképzelhető, hogy adott intézmény kétféle funkciót is ellát. A fekete kalapok nagyobb számú megjelenése főként a Műegyetem esetében feltűnő, ez azért van, mert más egyetem esetén az egyes épületek a város különböző területein találhatóak, és így külön vannak jelölve, ezért a BME épületeit is külön jelöltem a térképen. A térképen a színezés erősödése az érkezési arány növekedését mutatja. Látható, hogy kimagasló aránnyal rendelkezik még a Podmaniczky utcán lévő gyűjtőállomás, illetve a Margit körút, Tölgyfa utca csomópontban elhelyezkedő állomás, de ezek közelében oktatási intézmények egyáltalán nincsenek.



39. ábra - Az oktatási intézmények száma és a 7:00 és 8:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata - térképi megjelenítés

A következő vizsgált óra a 8:00 és 9:00 közötti időszak volt. Az általános összefüggés a két vizsgált tényező között adott órában a 31. Mellékletben található. 8:00 és 9:00 között már több felsőoktatási intézményhez közeli gyűjtőállomás esetében is megjelenik a magasabb érkezési arány, valamint az egyéb oktatási intézménnyel rendelkező gyűjtőállomások esetében is növekszik az érkezési arány az előző óraihoz képest. Azonban a legnagyobb érkezési aránnyal bíró állomások nem rendelkeznek oktatási intézménnyel a közelükben.

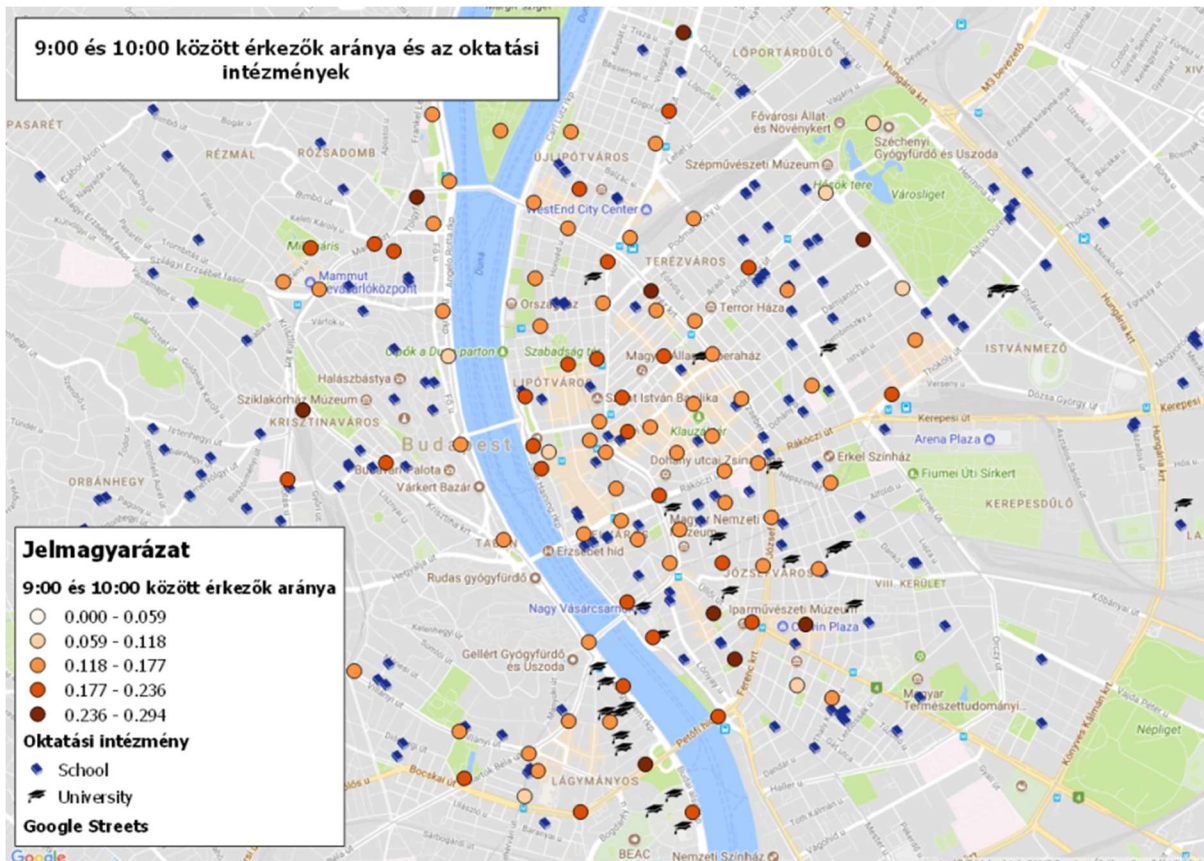
Térképen ábrázolva látható, hogy a belvárosi Apáczai Csere János utcai gyűjtőállomás érkezési aránya a legmagasabb, de oktatási intézménnyel 300 méteres környezetben nem rendelkezik az állomás. Őt követi az érkezési arányok sorában az Akadémia gyűjtőállomás, és a szintén V. kerületi Dorottya utca – Wekerle utcai gyűjtőállomás. A Jókai utca – Zichy Jenő utca csomópontban, A Dózsa György úti metrómegállónál és a Villányi úton lévő állomások is magas érkezési aránnyal rendelkeznek. A kevésbé kimagasló, de azért erős érkezési aránnyal bíró állomások (narancssárga szín) környezetében találhatóak inkább oktatási intézmények.



40. ábra - Az oktatási intézmények száma és a 8:00 és 9:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata - térképi megjelenítés

9:00 és 10:00 között a gyűjtőállomások érkezési arányának ábráját tekintve (32. Melléklet) elmondható, hogy még inkább kiemelkednek azok az állomások az érkezési arányuk alapján, amelyek közelében felsőoktatási intézmények találhatóak. Azonban így sem haladják meg a legforgalmasabb állomások érkezési arányát.

Térképen is ábrázolva jól látható, hogy ez az időszak jelenti a délelőtti időszak „csúcshórját”, mivel a színezések jelentősen megerősödtek a korábbi órák ábráihoz képest. A legnagyobb érkezési aránnyal bíró állomás a Dózsa György úti metrómegállónál található Bubi állomás, utána következik a sorban a Teréz körút - Szondi utca csomópontjában, a Markusovszky téren, a Bakáts téren, a Városligeti fasornál, a Petőfi híd budai hídfőjénél, illetve a Déli pályaudvarnál található állomás. Ezek közelében található oktatási intézmények, de ebben a „késő” délelőtti időszakban már inkább a felsőoktatási intézmények és munkahelyek forgalma a jelentősebb.



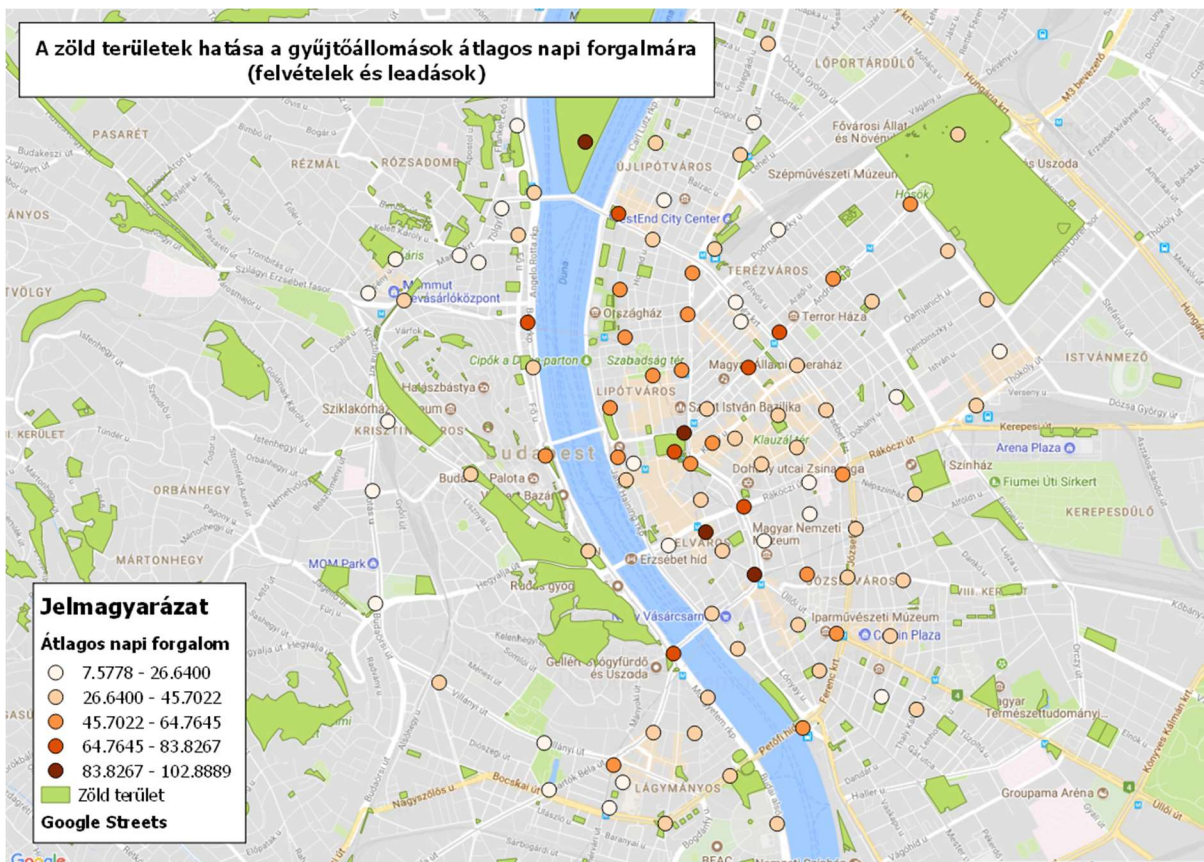
41. ábra - Az oktatási intézmények száma és a 9:00 és 10:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata - térképi megjelenítés

Összefoglalásként elmondható, hogy a vizsgálat nem elég alapos, az OSM sem tartalmaz minden iskolát, illetve ha tartalmaz is, előfordulhat, hogy van olyan iskola, amely kétszer szerepel az adatbázisban. Maga a vizsgálat elve sem egyszerűen megfogható, igen nehéz leválasztani az oktatási intézménybe érkező forgalmakat a többi, más egyéb célú forgalomtól. Ennek a vizsgálatára inkább a gyűjtőállomások egyes órákban való színezését érdemes megfigyelni. Kifejezetten felsőoktatási intézményekre koncentrálva látható némi erősödés az időben, de nem biztos, hogy ez csak kizárólag adott intézményeknek köszönhető a vegyes struktúrájú területhasználat miatt.

4.2.5 Gyűjtőállomások átlagos napi forgalmának és az állomások közelében lévő zöldfelület nagyságának kapcsolata

A 3.4.4.5. fejezetben leírt vizsgálat elvégzése után a 29. Mellékletben látható eredmények születtek. A WEKA-ban elvégzett csoportosítás értelmezhető eredményt nem igazán hozott. A két csoportból alkotott klaszterezésnél volt a legideálisabb az SSE hibaarány (3.4.1. fejezet), azonban a második csoportba mindössze három állomást sorolt a szoftver: a Döbrentei tér, a Széchenyi fürdő és a Margit-sziget állomását.

Ábrázoltam térképen is a gyűjtőállomásokat, ám nem a klaszterezés színezése szerint, hanem a gyűjtőállomáson megjelenő forgalom szerint. A zöld területeket is feltüntettem a térképen.



42. ábra - A gyűjtőállomások 300 méteres környezetében lévő zöld felületek és az átlagos napi forgalom összefüggése - térképi megjelenítés

Nem lehet egyértelműen összefüggést alkotni a térkép alapján a vizsgált két tényező között. A Margit-sziget állomásán a forgalom jelentős, itt az egész sziget egy „zöldfelület”. Azonban például a Gellért-hegy vagy a Városliget is jelentős zöld felület és mégsem olyan erős a forgalom a környezetükben. A város központjában az Erzsébet tér már egy kisebb területű természeti terület, azonban a forgalom itt jóval erősebb, mint az előzőekben említetteknél. Itt az állomás inkább a központi szerepe miatt vonzza a forgalmat.

A Kálvin tér, Astoria és Deák Ferenc tér gyűjtőállomásai szintén sötét színűek, azaz erős forgalommal bírnak, ám a közelükben zöld területtel alig rendelkeznek.

Tehát összességében elmondható, hogy a zöld területek nagyságának, illetve a gyűjtőállomások forgalmának vizsgálatakor inkább az számít, hogy mennyire közkedvelt az adott természeti terület, a nagysága kevésbé fontos szempont.

4.3 Kapott eredmények összefoglalása

A teljes rendszer, tehát minden működő állomás átfogó vizsgálata során több megállapítás is tehető, amelyek hasznosíthatók az üzemeltetés során. Ezeket a következők:

- Bérlepszámok és kerékpározási idő évszakonként különböznek: a késő tavaszi, nyári és kora őszi időszakok a legkedvezőbbek a MOL Bubi rendszer szempontjából.
- Hétvégén alacsonyabb bérlepszám, de magasabb napi kerékpározási idő jelentkezik. A csütörtöki és a pénteki napok forgalma erős, a közeledő hétvége miatt erősödő „buliforgalom” által.
- Amennyiben egy-egy kedvező évszakban (pl. nyári napon) alulmarad a bérlepszám, úgy az mindenképpen a kedvezőtlen időjárásnak köszönhető (erős szél, eső, alacsony hőmérséklet).
- A napi bérlepszám jelentősen függ a napi hőmérséklettől. A hőmérséklet emelkedésével a napi bérlepszám nő, azonban egy hőmérséklet érték elérése után visszaesik a kerékpározási kedv. A kerékpározással töltött idő naponta szintén függ a hőmérséklettől, azonban annak emelkedésével nem csökken jelentősen a kerékpározással töltött idő mennyisége.
- A szél erőssége a kerékpározási kedvet nem igazán befolyásolja, nagyon erős szél esetén tapasztalható alacsony bérlepszám.
- Az időjárásra vonatkozóan nem mondhatunk el jelentős összefüggéseket, mivel egy teljes nap időjárása ritkán jellemezhető egy jelzővel (eső, napos, havas, felhős). Óránkénti időjárás adatokkal sokkal pontosabb eredmények kaphatóak. Annyi azonban látszik, hogy természetesen a legkedvezőbb időjárási körülményben, napos időszakban történik a legtöbb bérlés.
- A lefolyási adatok vizsgálatakor elmondható, hogy a hét egyes napjain teljesen különböző forgalomlefolrás látható. Hétfő és csütörtök között időben nagyjából azonos módon folyik le a forgalom, a péntek teljesen kilóg a sorból, a szombat és a vasárnap forgalma pedig nagyjából szintén azonos módon fut le időben.
- Az egyes gyűjtőállomások napszakonként eltérő „módban” üzemelnek. Érvényesülnek az előzetes várakozások, azaz a belvárost körülölelő, inkább lakóterületi jelleggel bíró övezetektől reggelente a forgalom a belváros felé, a késő esti időszakokban pedig visszafelé áramlik. Napközben a változatos mozgási célok miatt ilyen jellegzetesség nem állapítható meg, a gyűjtőállomásokra érkező és onnan kiinduló forgalom egyenletesen oszlik el.

Összességében elmondható, hogy megegyeznek az eredmények a Gebhart, K. és Noland, R.B. [15] tanulmányának eredményeivel, tehát az időjárási körülmények és a naptári időszakok jelentősen befolyásolják a kerékpározási szokásokat.

A gyűjtőállomás forgalma és az azt körülvevő környezeti tényezők és épített létesítmények vizsgálata során kapott eredmények a következőkben foglalhatók össze röviden:

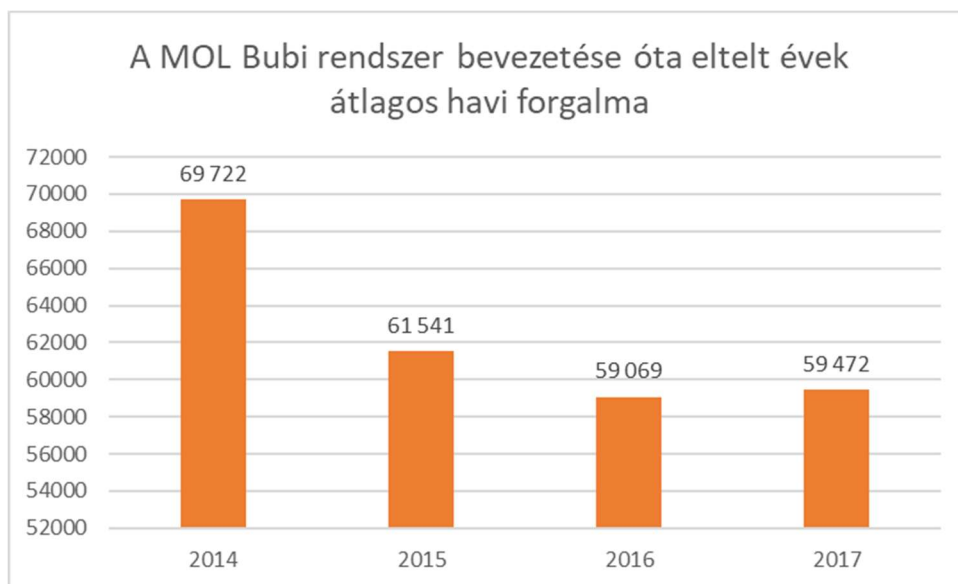
- Viszonylag könnyen értelmezhető kapcsolat mutatkozik meg az éjszaka gyűjtőállomásokról kiinduló forgalomnagyság és a gyűjtőállomást körülvevő szórakozóhelyek száma között. Csoportokba lehet sorolni a kapcsolat erőssége szerint a gyűjtőállomásokat. Térképes megjelenítés segítségével a nem kizárólag ebből a kapcsolatból származó forgalomnagyság növekedés oka is kitalálható. A vizsgálat eredményei igen kézzelfoghatók, mivel az időbeli és iránybeli lehatárolás miatt a közlekedők motivációja viszonylag egyértelmű.
- A vonali infrastruktúra forgalomvonzó hatása nem megállapítható. Jelentős hosszú vonali kerékpáros infrastruktúra esetén minimális emelkedés látható az állomások átlagos napi forgalmának tekintetében, azonban ezt számos más tényező befolyásolhatja. Maga a vizsgálat sem olyan könnyen körülhatárolható, mint a korábbi esetben.
- A reggeli órák gyűjtőállomásra érkező forgalmának, illetve az azt körülvevő oktatási intézmények kapcsolatának függvényében biztos eredményt szintén nem adott a vizsgálat. Minimális kapcsolat kimutatható a két tényező között, azonban konkrét következtetéseket nehéz levonni. A reggeli órákban kerékpározók konkrét motivációja sokféle lehet, ebből mindössze egy került elemzés alá.
- A gyűjtőállomásokat körülvevő zöldterület nagysága és az állomások átlagos napi forgalma között összefüggés nem állapítható meg a gyűjtőállomás közvetlen közelében lévő eltérő funkciójú területek keveredése miatt.

Heesch, K.C., Giles-Corti, B., [16] és Turrell, G. tanulmánya és Krizek, K.J. és Johnson, P.J. [22] tanulmánya alapján nem teljesen ugyanaz az összefüggés származott a kerékpáros vonali infrastruktúra forgalomvonzó hatására, ők sokkal erősebb hatást mutattak ki, azonban mint tanulmányukban megjegyzik, jelentős különbségek mutatkozhatnak a világ más-más városaiban.

5 Üzemeltetési és fejlesztési ajánlások

Az eredmények vizsgálatakor szerettem volna a rendszer forgalmi viszonyait egy átfogóbb kontextusba helyezni, annak érdekében, hogy képet kaphassak a MOL Bubi rendszer eddigi teljes üzemelési időszakáról.

Így egy újabb adatigénylést bonyolítottam le, immáron 2014. szeptemberétől, idei év szeptemberéig minden hónap forgalmi adatait megkaptam. Ezek nem olyan letisztázott adatok, mint a korábbiakban leírt vizsgálatok 2015-ös évének bemenő értékei, de egy átfogó kép alkotásához éppen megfelelőek. A MOL Bubi üzemelő hónapjai alapján évekre vonatkozó átlagos havi forgalmi értékeket készítettem és ezeket az eredményeket ábrázoltam. Az eredményeket röviden összefoglalja a 43. ábra - A MOL Bubi rendszer üzemelői hónapjainak átlagos havi forgalma, a részletes eredményeket pedig a 33. Melléklet szolgálja. Meglepő eredményeket kaptam:



43. ábra - A MOL Bubi rendszer üzemelői hónapjainak átlagos havi forgalma

A MOL Bubi rendszer forgalma az elmúlt két évben csökkent, az idei év háromnegyedéig minimálisan emelkedett az átlagos havi bérlésszám. Kérdés, hogy ez minek köszönhető? A kezdeti rendszer iránti lelkesedés csökken? A kerékpározási kedv csökken? A saját kerékpárt birtoklók és használók száma emelkedik? Az újonnan megjelenő kötetlen gyűjtésű közösségi kerékpáros rendszerek (például Donkey Republic) elterjedése okozza?

A kérdésre a választ mindenképp érdemes lenne tudni. Azonban egy valami biztos: a MOL Bubi iránti kereslet fenntartása érdekében mindenképp fejlesztésekre van szükség. Természetesen rendkívül sokféle fejlesztési opció számba vehető a MOL Bubi használati kedv fenntartása érdekében.

Lehet ez elektromos kerékpárokra való beruházás, amely igen jelentős befektetési összeget jelent, viszont rendkívül vonzó szempontot jelenthet a budapesti lakosság körében.

Emelkedhet a rendszerhasználati kedv a jelenlegi rendszer tökéletesítésével, a kerékpárok még jobb elosztási rendszerének kidolgozásával, akár a kerékpárok odafigyelőbb karbantartásával. Azzal, hogy a felhasználó egészen biztosan talál kerékpárt a gyűjtőállomáson, mégpedig ha működő, kényelmesen és egyszerűen kivehető és használható kerékpárt talál, mindenképp egy pozitívumot jelent a felhasználók szemében.

A felhasználói szokások monitorozásával, folyamatos igényfelmérésekkel célzott marketing tevékenység végezhető, ezáltal növelve a felhasználók számát.

A bérlet- és jegyváltás tevékenységét a lehetőségekhez mérten való egyszerűsítésével, kedvező árakkal tovább bővíthet a felhasználók köre.

Újabb gyűjtőállomások telepítésével, a külsőbb területeken való állomások megjelenésével a belváros felé történő ingázás kizárólag közösségi kerékpárral is megoldottá válhatna. Ez szintén valószínűsíthetően rendszernépszerűsítő erővé válhatna.

Kisebb mértékű beruházásokkal is lehetséges piacnyitás olyan lehetséges felhasználók felé, amelyeket más, például kötetlen gyűjtésű rendszerek nem szolgálnak ki: például gyermekkerékpárok bevezetésével akár a kisgyermekes családok felhasználói körbe való bevonása is lehetséges.

A jelen dolgozat keretében elvégzett elemzések főként a karbantartási munkálatok és logisztikai műveletek optimalizálását szolgálják. Így például az eredmények szerint az évszakok szerinti forgalomnagyság változás miatt az éves nagykarbantartás akár fokozatosan is elvégezhető. Nem szükséges kizárólag télen egyszerre nagyobb mennyiségű kerékpárt kivonni a forgalomból, hanem akár az adatok látva már október közepétől is fokozatos elkezdhetőek a karbantartási munkálatok. Ehhez akár állomásokra lebontott éves napi lefolyási ábrákat is lehet vizsgálni aszerint, hogy mely állomásokon csökkenthető a kerékpárok száma a karbantartás idejére.

A logisztikai feladatok elvégzésére a késő tavaszi, nyári és kora őszi időpontokban szükséges leginkább odafigyelni, a téli időszakban lehetséges a logisztikai munkavégzők létszámának csökkentése. Itt a napi lefolyásokat is érdemes figyelni: például a beosztások elkészítésekor figyelembe kell venni, hogy a csütörtöki, pénteki és szombati buliforgalom éjjelente erős, így érdemes erre az időszakra nagyobb mennyiségű logisztikus személyzetet beosztani.

Az állomások napszakonként eltérő "üzemmódban" való működéséből szintén a logisztikai mozgást végző személyzet feladatainak előrebecslése tökéletesíthető. Főként a gyűjtőállomásokon jelentkező "kerékpárhiányra" érdemes odafigyelni, hiszen a felgyülemlés problémáját a gyűjtőállomásokon elhelyezett póttámaszok kezelik.

Az időjárás adatokat látva lehetséges akár egy forgalmi előrebecslő rendszer létrehozása is. Elégséges mennyiségű adat, például órákra vonatkozó archív időjárás adatok felhasználásával, illetve az időjárás előrejelzés segítségével, tanuló algoritmusok által lehetséges egy ilyen rendszer létrehozása, akár minden egyes gyűjtőállomás forgalmára vonatkozóan is. Kiegészítve a valós időben zajló forgalmi jellegzetességekkel, akár egy igen pontos rendszer is megalkotható.

Az optimalizáló rendszer megalkotásakor akár a logisztikusok mozgását is lehet szabályozni: a pontos kerékpár-mozgatási igényeket látva üzemanyag-fogyasztásra és károsanyag kibocsátásra is lehet hangolni a rendszert.

A jelenlegi rendszer finomhangolására tehát tökéletesen felhasználhatók az teljes rendszert áttekintő eredmények.

A gyűjtőállomás környezetében lévő épített és környezeti tényezők a kerékpározási szokások még szélesebb körű megismerésére szolgálnak. Esetleges rendszerbővítés esetén az állomások az elemzések során is megalkotott „kategóriákba” sorolhatók előzetesen, így előrebecsülhetővé válik a működési rendjük, egyszerűsítve a karbantartási és logisztikai műveletek rendjét.

Természetesen a nem egyértelmű összefüggést biztosító eredményekre nehéz alapozni, de ezek újbóli, részletesebb és pontosabb elvégzésével értékesebb eredmények is kinyerhetőek.

6 Összefoglalás

A dolgozat témájának választása főként személyes preferencia miatt adódott. Évek óta aktív felhasználója vagyok a MOL Bubi rendszernek, remek ötletnek tartom a közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek konstrukciójának bevezetését a városok fenntarthatóbbá tételének érdekében. Korábban dolgoztam már induló „közbringa” rendszerek fejlesztésén, a nagyvilágban járva más rendszerek különlegességeit is megfigyeltem. Szerettem volna új szoftvereket megismerni, illetve magában az adatbányászati technikában elmélyedni. Így esett a MOL Bubi rendszer forgalmi adatainak vizsgálatára a választásom.

Az adatok beszerzése után első körben szükséges volt az adatok tisztítása, hiszen sok felesleges, használhatatlan adatsorral rendelkezett a BKK által küldött adathalmaz. Ezeknek az adatsoroknak a kitörlése nélkül könnyen fals eredmények is születhettek volna.

A tisztítás műveleteinek elvégzése után alakítottam ki a vizsgálati irányokat. Néhány összefüggés az eredmények alapján könnyen, az elvárásoknak megfelelően adódott. Azonban kialakítottam olyan vizsgálati irányokat is, amelyek előreláthatólag már a megfogalmazásukkor sem volt biztos, hogy használható eredményeket szolgáltathatnak. Igen nehéz pontos ok-okozati összefüggést felállítani néhány vizsgált tényező között, hiszen megannyi komponens befolyásolhatja a forgalmi viszonyokat. Így fordulhatott elő több, külső környezeti elemmel kapcsolatos vizsgálatnál is, hogy egyértelműen kimutatható kapcsolat a vizsgált tényezők között nem mutatkozott.

Természetesen a vizsgálati irányok kirajzolódásakor igyekeztem figyelni minden egyes elemzés gyakorlati hasznosíthatóságára is. A legtöbb elemzés a karbantartói és logisztikai feladatok optimalizálásának lehetséges irányvonalait célozzák meg, de több esetben egyszerűen csak a kerékpározási szokások megismerése volt a cél a szolgáltatott adatok alapján.

Konkrét ajánlások megfogalmazásához mélyebb szintű elemzések szükségesek, a dolgozatban inkább a lehetséges törekvések kirajzolása volt a fő cél. Egy-egy megfontolandó részletes vizsgálatnál nagyobb mennyiségű adathalmaz feldolgozása is szükségessé válik, valamint magával az üzemeltetővel is komolyabb egyeztetések szükségesek.

A múltbeli, a vizsgált időszak, illetve a jelenlegi forgalmi viszonyokra is kitékintettem a dolgozat során egy rövid elemzés tekintetében. Látható, hogy a MOL Bubi rendszer forgalmi adatai csökkenő tendenciát mutatnak az indulástól egészen napjainkig. Ennek a ténynek a megállapítása magával hordozza a fejlesztések szükségességét. A felvillantott fejlesztési lehetőségek bevezetésének megalapozását akár a dolgozatban elvégzett elemzésekhez hasonló módszerekkel, de részletesebben szükséges elvégezni.

A jelenlegi dolgozat egy áttekintő képet ad a budapesti közbringa rendszer felhasználóinak szokásairól. Diplomaterv keretében szeretném tovább folytatni az

elemzéseket. Újabb adatkérés során igényt tartok a felhasználók életkorára, ezáltal akár a felhasználói csoportok klaszterezése is megoldható a mozgásaik és személyes jellegzetességeik által. Szeretném vizsgálni a rendszerbővítés során megnyitott új állomások „felhasználó bevonzó” képességét is.

Összességében kijelenthető, hogy a MOL Bubi rendszerek üzemeltetéséhez, mindenképp szükség van a dolgozatban is bemutatott, és ezekhez hasonló, széleskörű elemzésekre. A vizsgálatok sokszínűsége által képet kaphatunk a budapesti kerékpározási szokásokról, amelyek nem csak a MOL Bubi rendszer fejlesztések esetében, de a kerékpáros infrastruktúra bővítések során is igen hasznosnak mutatkozhatnak.

Felhasznált irodalom

- [1] **Andrew A. Campbell, Christopher R. Cherry, Megan S. Ryerson, Xinmiao Yang** - Factors influencing the choice of shared bicycles and shared electric bikes in Beijing (2015)
- [2] **Borgnat, P., Abry, P.** - Shared bicycles in a city: a signal processing and data analysis perspective (2011)
- [3] **Cervero, R., Kockelman, K.** - Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design (1997)
- [4] **Curran, A.** - Translink public bike system feasibility study (2008)
- [5] **DeMaio, P.** - Smart bikes: public transportation for the 21st century (2003)
- [6] **DeMaio, P. & Gifford, J.** - Will smart bikes succeed as public transportation in the United States? (2004)
- [7] **DeMaio, P.** - Bike-sharing: history, impacts, models of provision, and future (2009)
- [8] **Dr. Abonyi János** – Adatbányászat, a hatékonyság eszköze 2006.
- [9] **Efthymiou, D., Antoniou, C., Waddell, P.** - Factors affecting the adoption of vehicle sharing systems by young drivers (2013)
- [10] **El-Assi, W., Salah Mahmoud, M., Nurul Habib, K.** - Effects of built environment and weather on bike sharing demand: a station level analysis of commercial bike sharing in Toronto (2015)
- [11] **Energy Smart Communities Initiative Knowledge Sharging Platform** – Hangzhou Public Bicycle - https://esci-ksp.org/project/hangzhou-public-bicycle/?task_id=651
- [12] **Ewing, R., Cervero, R.** - Travel and the built environment: a synthesis (2001)
- [13] **Faghieh - Imani, A., Eluru, N.**, Analysing bicycle-sharing system user destination choice preferences: Chicago's Divvy system. (2015)
- [14] **Froehlich, J., Neumann, J., Oliver, N.** - Measuring the pulse of the city through shared bicycle programs (2008)
- [15] **Gebhart, K., Noland, R.B.** - The impact of weather conditions on bikeshare trips in Washington, D C. (2014)
- [16] **Heesch, K.C., Giles-Corti, B., Turrell, G.** - Cycling for transport and recreation: associations with the socio- economic, natural and built environment (2015)
- [17] **Jan Gehl** – Élhető városok (Terc Kft., 2014)
- [18] **Jäppinen, S., Toivonen, T., Salonen, M.** - Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: an open data approach (2013)
- [19] **Jensen, P., Rouquier, J.-B., Ovtracht, N., Robardet, C.** - Characterizing the speed and paths of shared bicycle use in Lyon (2010)
- [20] **Katona Attila** – Budaörs Mobilitási Mix - Kerékpáros Közösségi Rendszer Budaörsön, Döntés előkészítő tanulmány, 2016. augusztus

- [21] **Kovács Gergely** - Közbringa rendszerek Magyarországon (2015) - http://bringaznielmeny.hu/wp-content/uploads/2015/11/KG_k%C3%B6zbringa_151126.pdf
- [22] **Krizek, K.J., Johnson, P.J.** - Proximity to trails and retail : effects on urban cycling and walking (2006)
- [23] **Lathia, N., Ahmed, S., Capra, L.** - Measuring the impact of opening the London shared bicycle scheme to casual users (2012)
- [24] **Maria Bordagaray, Luigi dell'Olio , Achille Fonzone , Ángel Ibeas** - Capturing the conditions that introduce systematic variation in bike-sharing travel behavior using data mining techniques (2015)
- [25] **Martens, K.** - The bicycle as a feeding mode: experiences from three European countries (2004)
- [26] **Midgley, P.** - Bicycle-sharing schemes: Enhancing sustainable mobility in urban areas (2011)
- [27] **Nadal, L.** - Bike sharing sweeps Paris off its feet. (2007)
- [28] **Noland, R. B., & Ishaque, M. M.** - Smart bicycles in an urban area: Evaluation of a pilot scheme in London. (2006)
- [29] **O'Brien, O., Cheshire, J., Batty, M.** - . Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems (2014)
- [30] **Panos Antoniadis, Andreas Chrysanthou** - REPORT European Best Practices in Bike Sharing Systems, T.aT. - Students Today, Citizens Tomorrow, 2009 June
- [31] **Rietveld, P.** - Non-motorised modes in transport systems: a multimodal chain perspective for The Netherlands (2000)
- [32] **Romero, C.** - Spicycles in Barcelona. - http://spicycles.velo.info/Portals/0/FinalReports/Barcelona_Final_report.ppt
- [33] **A MOL Bubi rendszer** - URL: <https://molbubi.bkk.hu/a-molbubi.php>
- [34] **A MOL Bubi rendszer** - URL: https://hu.wikipedia.org/wiki/MOL_Bubi
- [35] **Bycyklen Bike Sharing Systems, Copenhagen** URL: <https://bycyklen.dk/en/>
- [36] **Archív budapesti időjárás adatok** - <http://idojarasbudapest.hu/archivalt-idojaras>
- [37] **Budapest shape file térinformatikai elemzéshez** - <https://download.bbbike.org/osm/bbbike/Budapest/>
- [38] **Budapesti iskolák KML fájljai** - <http://geodeg.com/search.php?q=school+budapest&language=39&country=93&token=6FB4C28FFC050BA28A840225FDC3B62F>
- [39] **Budapest vonali kerékpáros infrastruktúrája** - <https://www.mozgasvilag.hu/budapesti-kerekparut-terkep/>
- [40] **Csepel – Pedelec Elektromos Kerékpárok** brossúra URL: http://www.csepelbike.com/letoltesek/Elektromos_2014.pdf
- [41] **Data mining - Clustering** - <https://www.ibm.com/developerworks/library/os-weka2/index.html>

- [42] **Munkanapok, munkaszüneti napok 2015-ben** -
<http://www.munkaugyiforum.hu/blogbejegyzesek/munkaszuneti-napok-athelyezett-munkanapok-hosszu-hetvegek-2015-ben>
- [43] **QGIS ismertetése** - http://www.agt.bme.hu/gis/qgis/regesz_segedlet_qgis.pdf
- [44] **RapidMiner Studio** - <https://rapidminer.com/products/studio/>
- [45] **Szélerősség táblázat** -
<http://www.vizimentok.hu/hu/szolgáltatások/info/szelerosseg-tablázat/34/>

Ábrajegyzék

1. ábra - Közösségi Kerékpáros Közlekedési Rendszerek Európában (Forrás:The Bike-sharing World Map 2017 szeptember).....	9
2. ábra - Közösségi kerékpáros közlekedési rendszerek száma a világon (Forrás:[20].....	9
3. ábra - Európa közbringa rendszerei méret szerint (Forrás: http://bikes.oobrien.com/global.php#zoom=3&lon=4.8082&lat=54.4375)	10
4. ábra - A MOL Bubi közbringa rendszer Dózsa György úti állomása	10
5. ábra - A MOL Bubi közbringa rendszer terminálja	11
6. ábra - A MOL Bubi közbringa rendszer egy dokkolóállása.....	12
7. ábra - A MOL Bubi közbringa rendszer kerékpárjai.....	12
8. ábra - Adatbányászati módszerek (Forrás: [8]).....	17
9. ábra - A kapott adatbázis egy része (Forrás: BKK).....	20
10. ábra - A klaszterezés folyamatának eredménye általánosan [8].....	22
11. ábra - A gyűjtőállomások 300 méteres "buffer" zónái és felvett térinformatikai rétegek.....	25
12. ábra - A napi bérlésszámok a 2015-ös évben az egyes napokon.....	30
13. ábra - A hét egyes napjainak napi bérlésszáma.....	31
14. ábra - Az egyes napokon naponta közösségi kerékpározással töltött idő	31
15. ábra - A hét egyes napjain naponta kerékpározással töltött idő	32
16. ábra - A kerékpározással töltött idő, a napi bérlésszám és a napok típusának összefüggése.....	33
17. ábra - A napi időjárás és a napi bérlésszám összefüggése	33
18. ábra - A napi bérlésszám és a napi széltípus összefüggése.....	34
19. ábra - A napi bérlésszám napi maximum hőmérséklettől való függése.....	34
20. ábra - A napi bérlésszám napi minimum hőmérséklettől való függése	35
21. ábra - A napi bérlésszám napi átlagos szélerősségtől való függése.....	36
22. ábra - A napi bérlésszám időjárástól való függése	37
23. ábra - A bérlésszámok óránkénti lefolyása	38
24. ábra - Óránkénti bérlésszámok lefolyása az egyes naptípusokon	38
25. ábra - Óránkénti bérlésszámok eloszlása az egyes napokon	39
26. ábra - Óránkénti bérlésszámok eloszlása az időjárástól függően	40
27. ábra - Délelőtt (6:00 és 12:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése	41
28. ábra - Délelőtt (6:00 és 12:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása.....	41
29. ábra - Délután (12:00 és 18:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése.....	42
30. ábra - Délután (12:00 és 18:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása.....	42
31. ábra - Este (18:00 és 0:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése.....	43
32. ábra - Este (18:00 és 0:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása.....	43
33. ábra - Éjjel (0:00 és 6:00 között) a gyűjtőállomások viselkedése	44

34. ábra - Éjjel (0:00 és 6:00 között) a gyűjtőállomások viselkedésének térképi ábrázolása.....	44
35. ábra - Az éjjeli bérlések és az "entertainment" elemek számának összefüggése.....	45
36. ábra - Az éjjeli bérlések és a gyűjtőállomások közelében lévő szórakozóhelyek számának kapcsolata térképen ábrázolva.....	46
37. ábra - Vonali kerékpáros infrastruktúra hatása a gyűjtőállomások átlagos napi forgalmára.....	47
38. ábra - Vonali kerékpáros infrastruktúra hatása a gyűjtőállomások átlagos napi forgalmára - térképi megjelenítés.....	48
39. ábra - Az oktatási intézmények száma és a 7:00 és 8:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata - térképi megjelenítés.....	50
40. ábra - Az oktatási intézmények száma és a 8:00 és 9:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata - térképi megjelenítés.....	51
41. ábra - Az oktatási intézmények száma és a 9:00 és 10:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata - térképi megjelenítés.....	52
42. ábra - A gyűjtőállomások 300 méteres környezetében lévő zöld felületek és az átlagos napi forgalom összefüggése - térképi megjelenítés.....	53
43. ábra - A MOL Bubi rendszer üzemelői hónapjainak átlagos havi forgalma.....	56



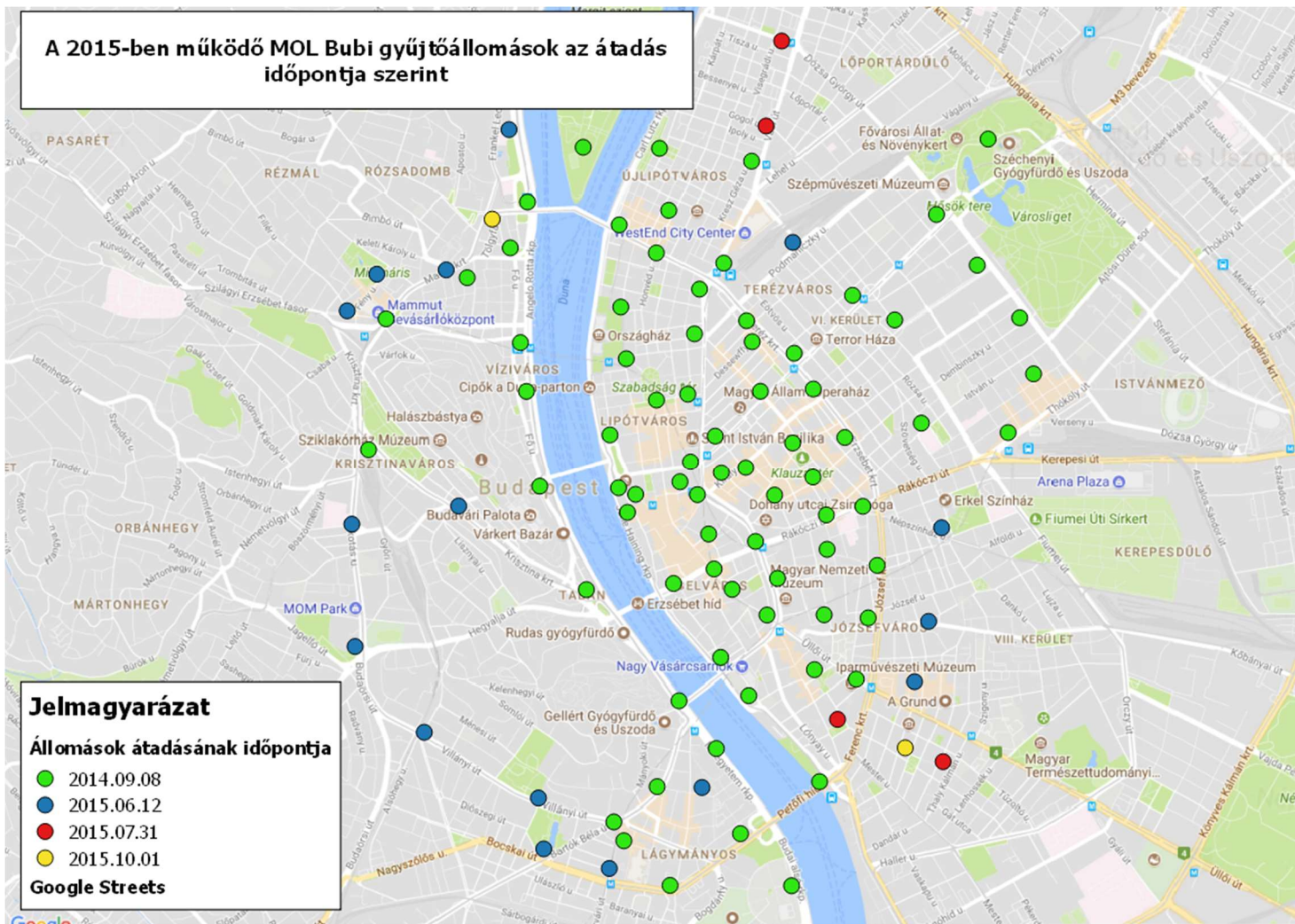
BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR
KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK

MELLÉKLETEK:

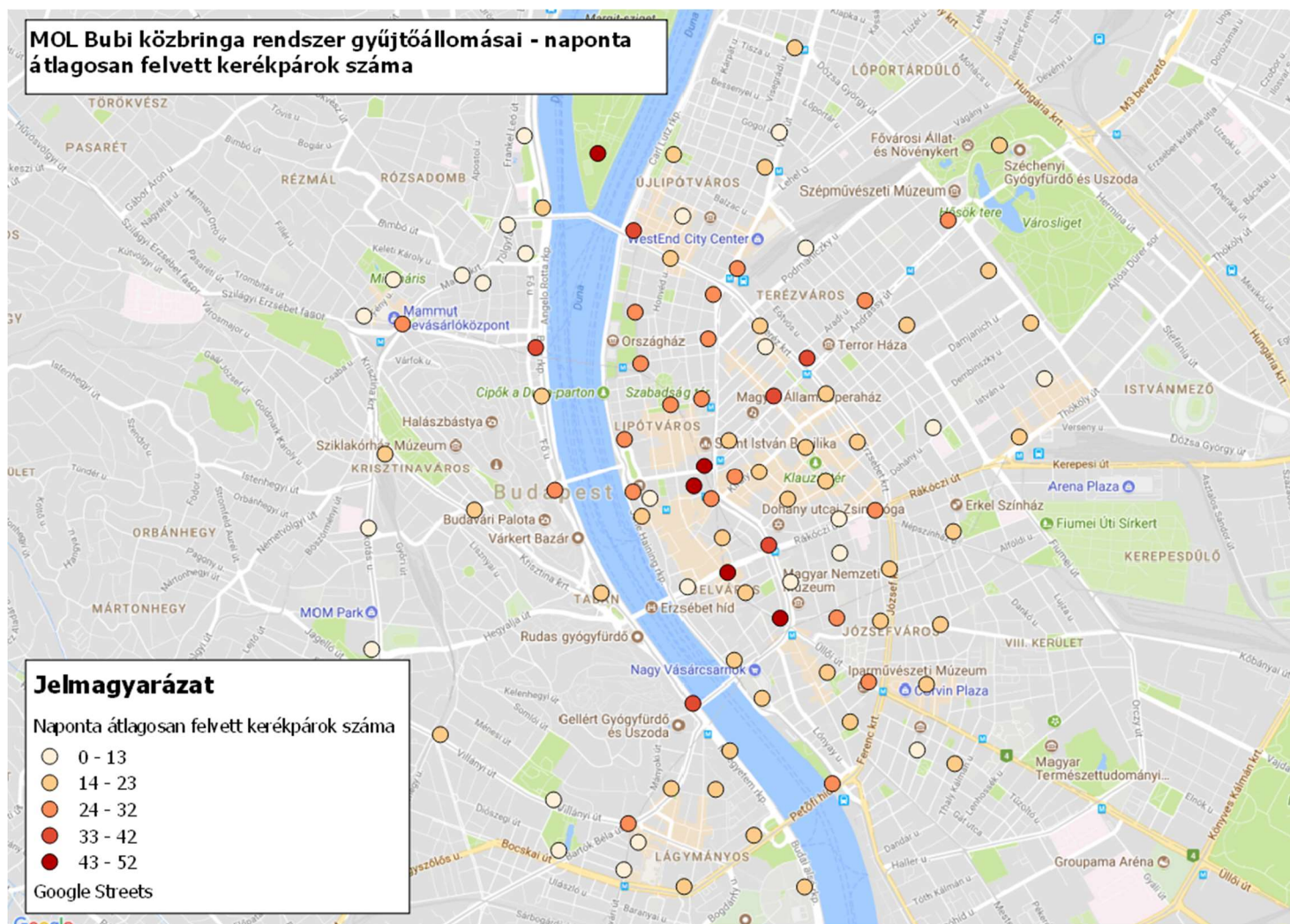
1. Melléklet: A 2015-ben működő gyűjtőállomások az állomások átadásának időpontja szerint
2. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai naponta átlagosan felvett kerékpárok száma
3. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - naponta átlagosan leadott kerékpárok száma
4. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délelőtt (6:00 és 12:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma
5. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délelőtt (6:00 és 12:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma
6. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délután (12:00 és 18:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma
7. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délután (12:00 és 18:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma
8. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - este (18:00 és 0:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma
9. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - este (18:00 és 0:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma
10. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - éjjel (0:00 és 6:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma
11. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - éjjel (0:00 és 6:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma
12. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - éjjel (0:00 és 6:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma
13. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkanapokon átlagosan felvett kerékpárok száma
14. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkanapokon átlagosan leadott kerékpárok száma
15. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkaszüneti napokon átlagosan felvett kerékpárok száma
16. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkaszüneti napokon átlagosan leadott kerékpárok száma
17. Melléklet: Az egyes évszakokban előforduló napi bérlésszámok
18. Melléklet: Az egyes hónapokban jelentkező napi bérlésszámok eloszlása
19. Melléklet: Az egyes évszakokban naponta kerékpározással töltött idő
20. Melléklet: Az egyes hónapokban naponta kerékpározással töltött idő
21. Melléklet: Az egyes naptípusokon jelentkező napi bérlésszám
22. Melléklet: A napi kerékpározással töltött idő és a napi időjárás összefüggése
23. Melléklet: A napi kerékpározással töltött idő és a napi széltípus összefüggése
24. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi maximum hőmérséklettől

25. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi minimum hőmérséklettől
26. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi átlagos szélsőségtől
27. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése az időjárástól
28. Melléklet: Teljesen különálló, vagy gyalogos járdától jól megkülönböztetett kerékpárút gyűjtőállomás közelében lévő hosszának hatása az átlagos napi forgalomra
29. Melléklet: Teljesen különálló, vagy gyalogos járdától jól megkülönböztetett kerékpárút gyűjtőállomás közelében lévő hosszának hatása az átlagos napi forgalomra - térképi megjelenítés
30. Melléklet: A gyűjtőállomások 300 méteres környezetében lévő zöld felületek és az átlagos napi forgalom összefüggése
31. Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 7:00 és 8:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata
32. Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 8:00 és 9:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata
33. Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 9:00 és 10:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata
34. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer üzembe helyezése óta eltelt hónapok bérlésszámai

1. Melléklet: A 2015-ben működő gyűjtőállomások az állomások átadásának időpontja szerint



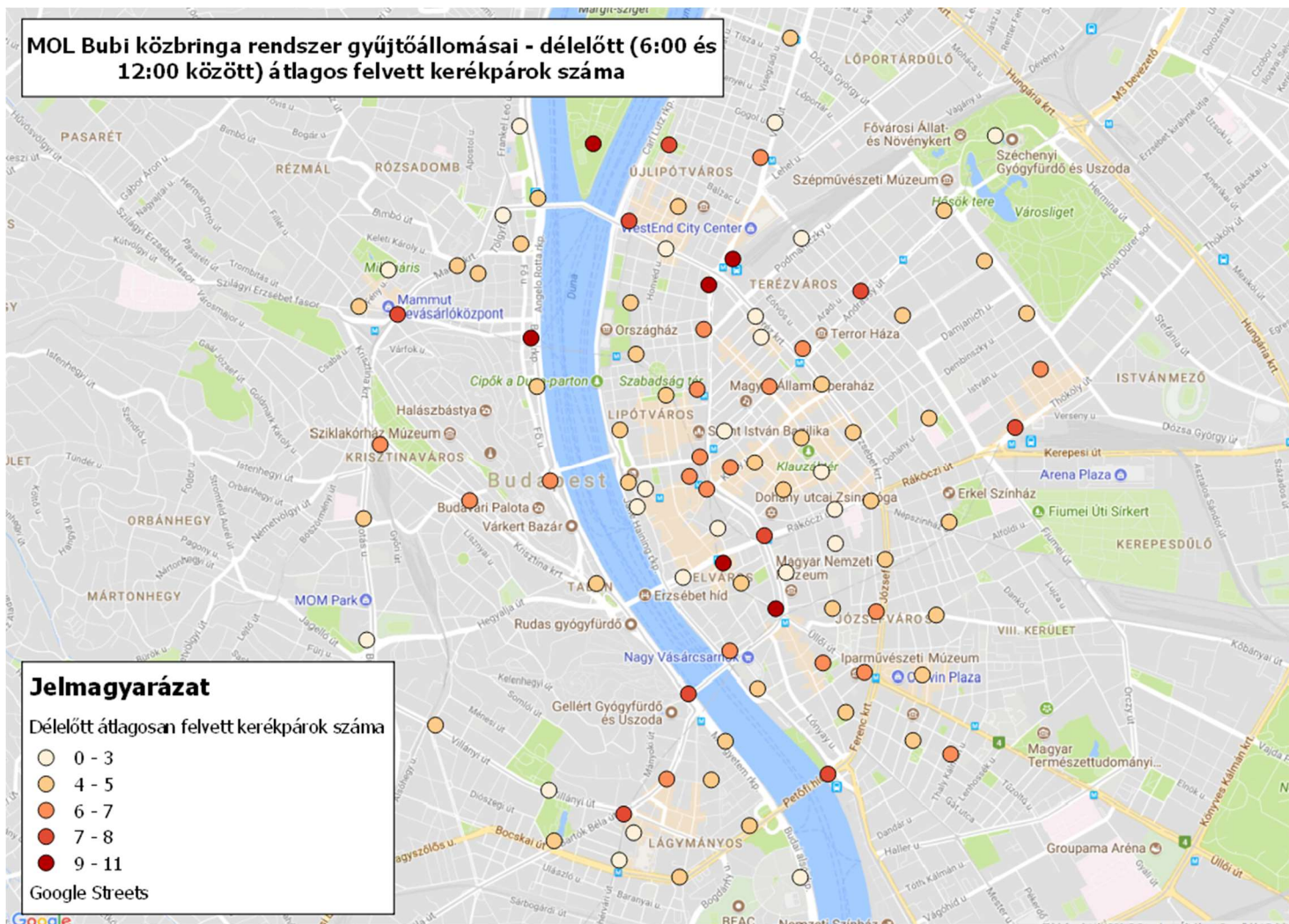
2. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - naponta átlagosan felvett kerékpárok száma



3. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - naponta átlagosan leadott kerékpárok száma



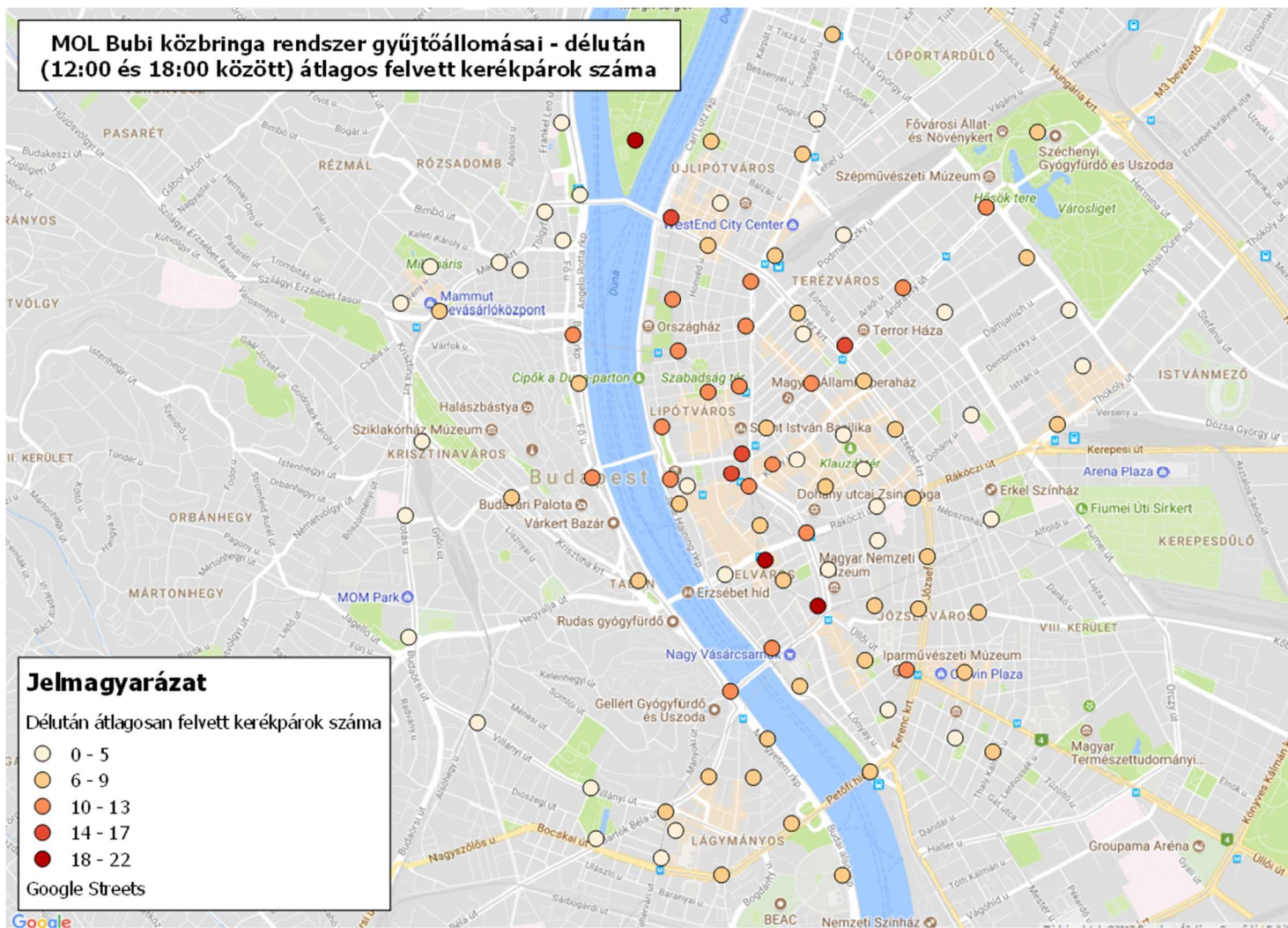
4. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délelőtt (6:00 és 12:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma



5. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délelőtt (6:00 és 12:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma



6. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délután (12:00 és 18:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma



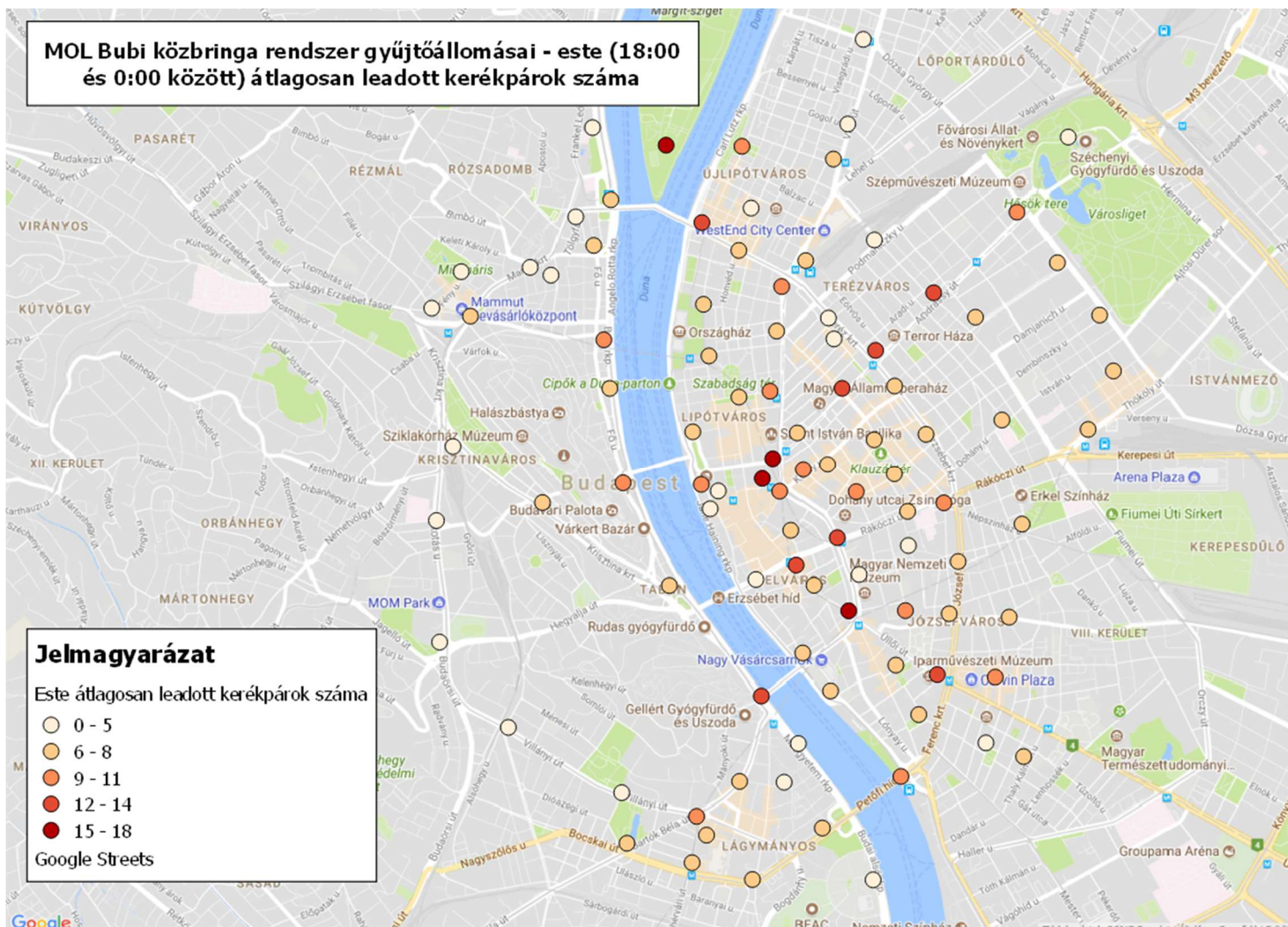
7. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - délután (12:00 és 18:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma



8. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - este (18:00 és 0:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma



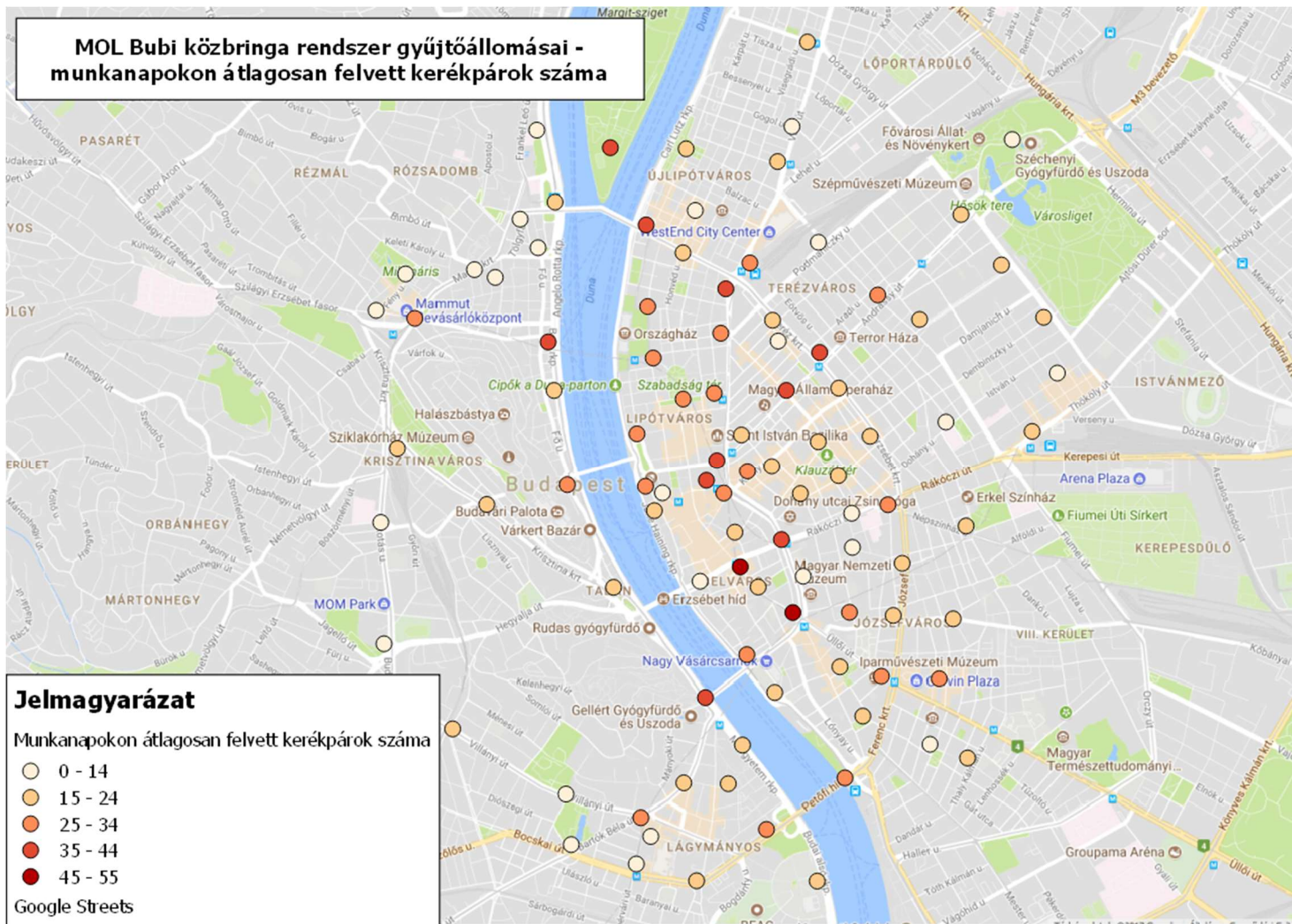
9. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - este (18:00 és 0:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma



10.Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - éjjel (0:00 és 6:00 között) átlagosan felvett kerékpárok száma



11. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - éjjel (0:00 és 6:00 között) átlagosan leadott kerékpárok száma



12. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - munkanapokon átlagosan felvett kerékpárok száma



13. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkanapokon átlagosan leadott kerékpárok száma



14. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai – munkaszüneti napokon átlagosan felvett kerékpárok száma

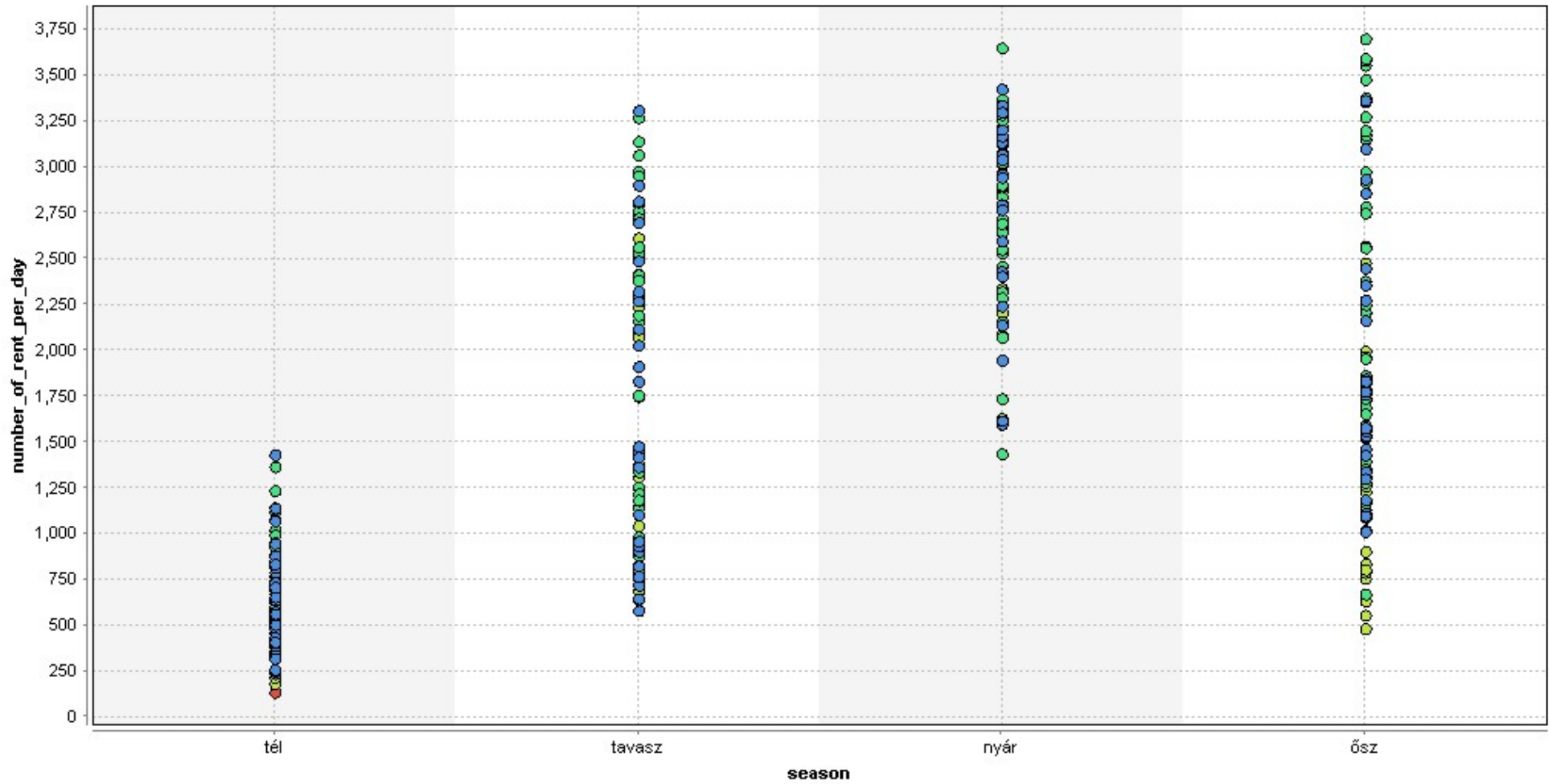


15. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer gyűjtőállomásai - munkaszüneti napokon átlagosan leadott kerékpárok száma



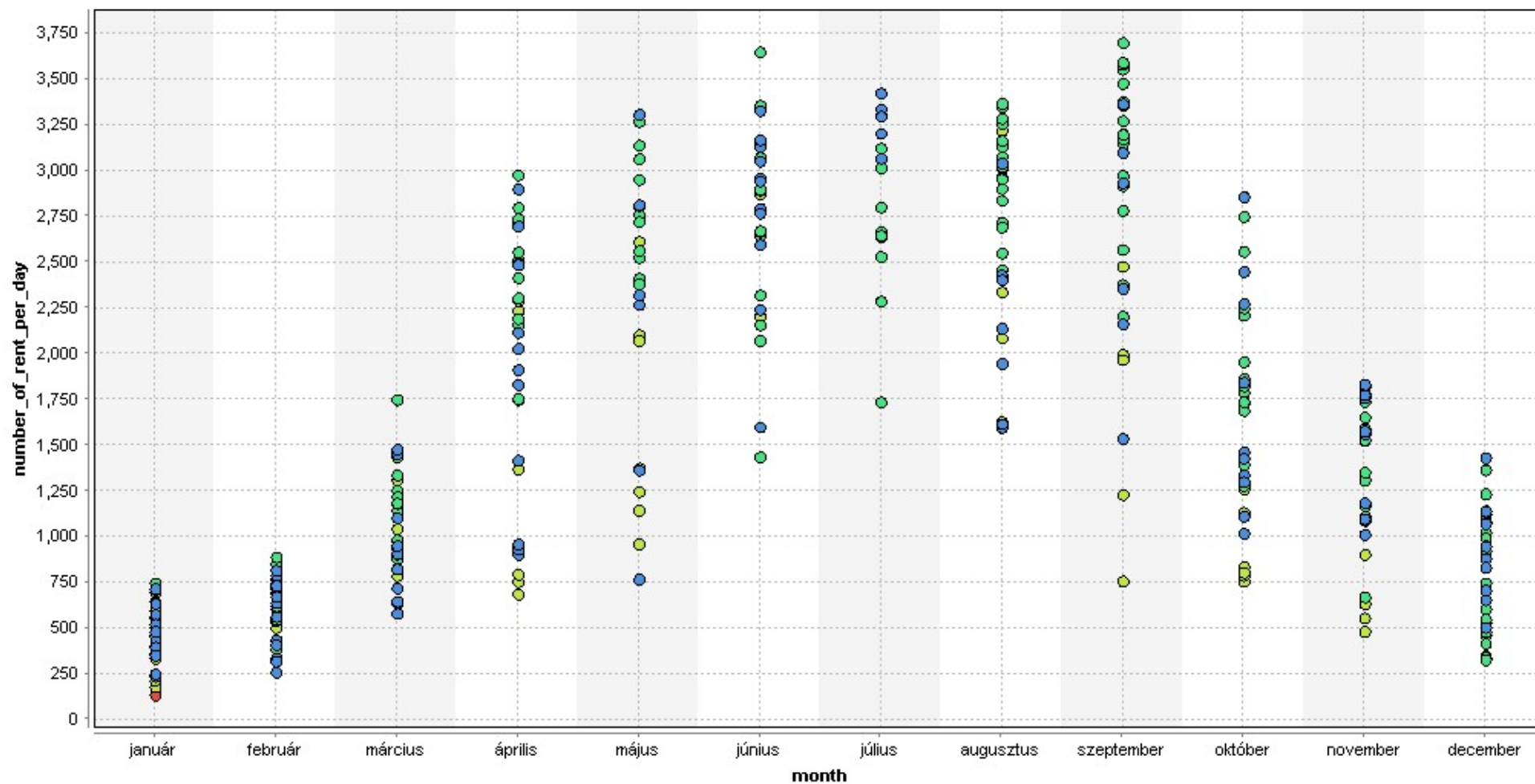
16. Melléklet: Az egyes évszakokban előforduló napi bérlésszámok

weather ● felhős ● napos ● eső ● havazás



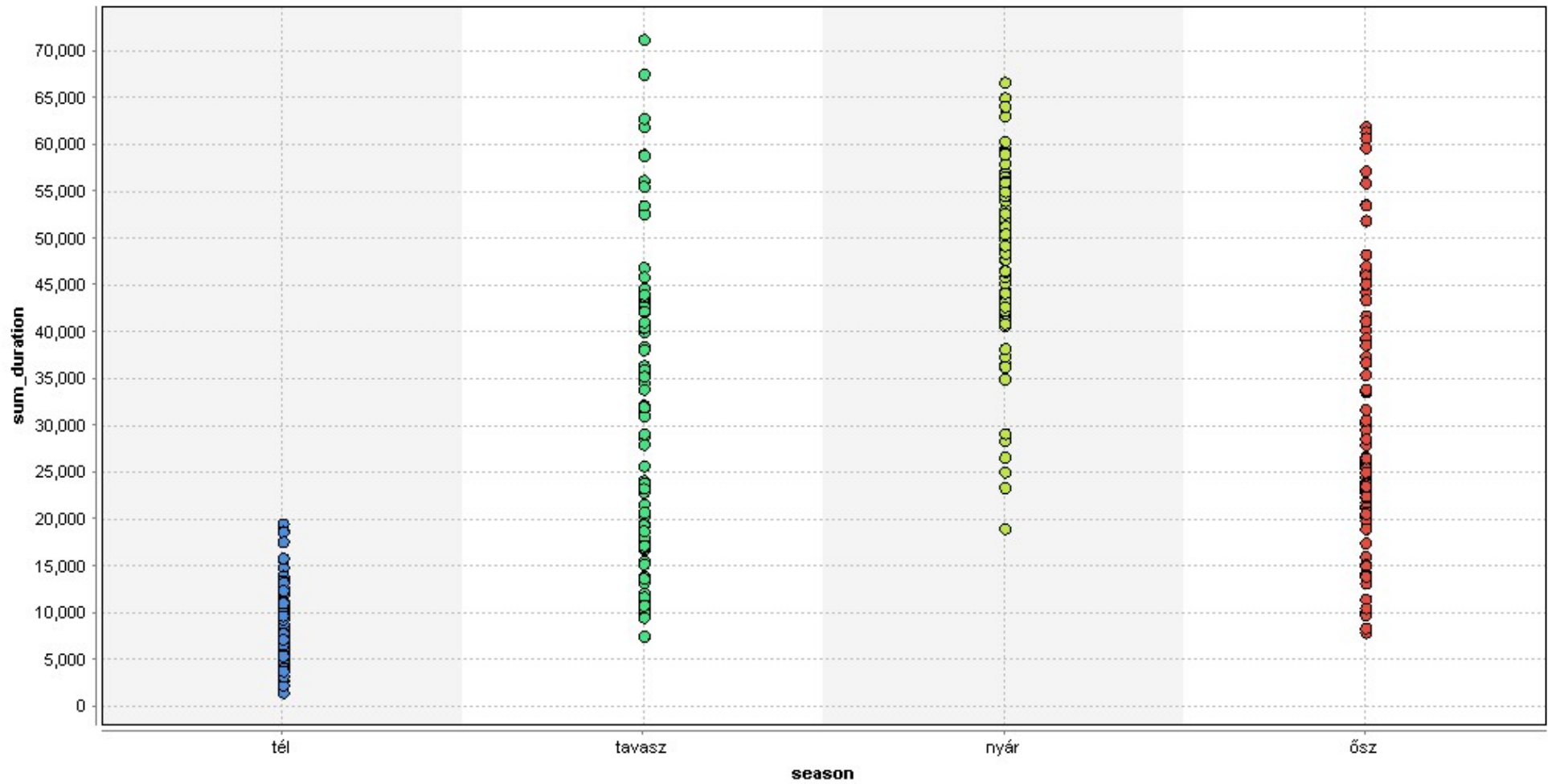
17. Melléklet: Az egyes hónapokban jelentkező napi bérlésszámok eloszlása

weather felhős napos eső havazás



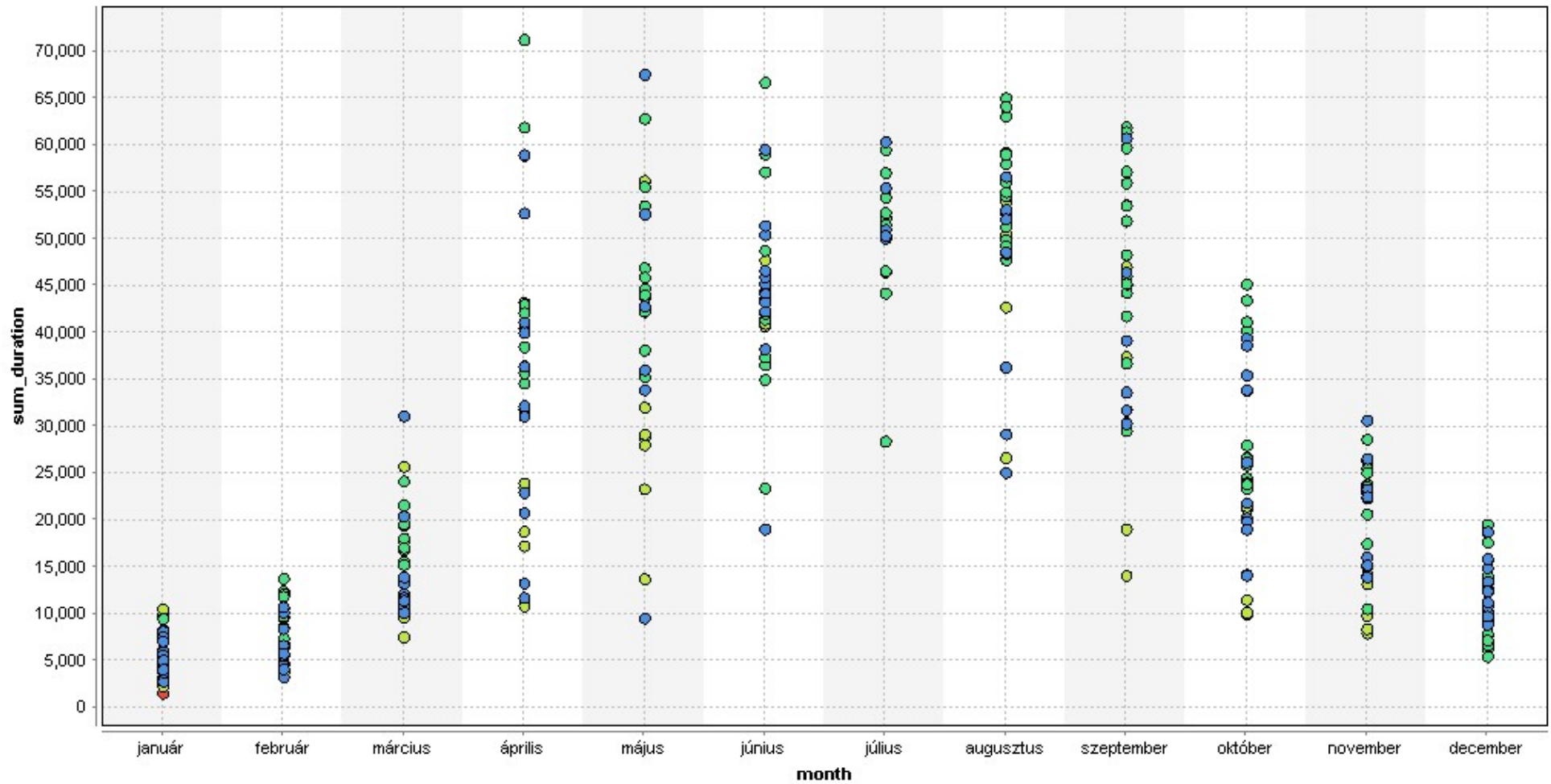
18. Melléklet: Az egyes évszakokban naponta kerékpározással töltött idő

season tél tavasz nyár ősz



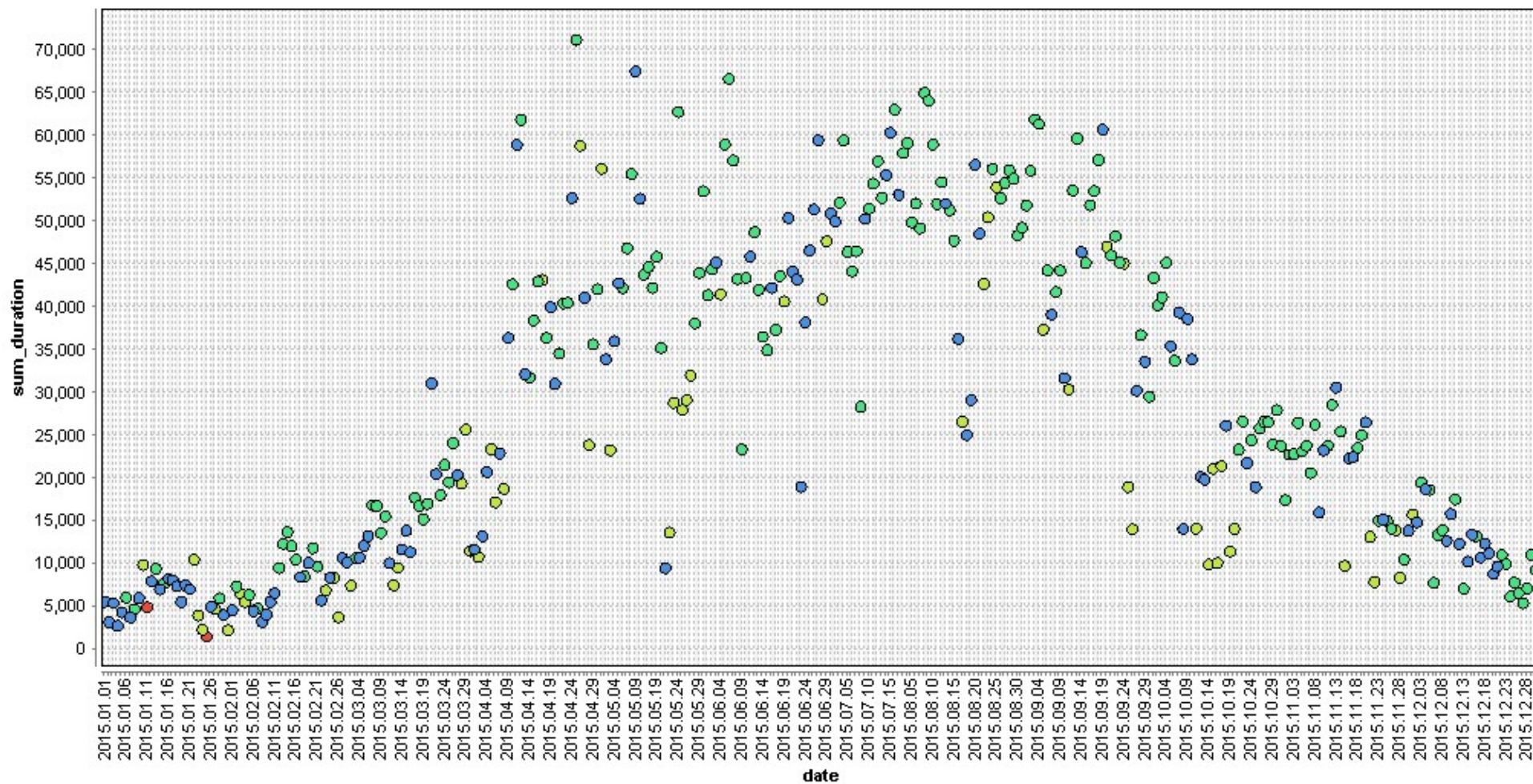
19. Melléklet: Az egyes hónapokban naponta kerékpározással töltött idő

weather felhős napos eső havazás



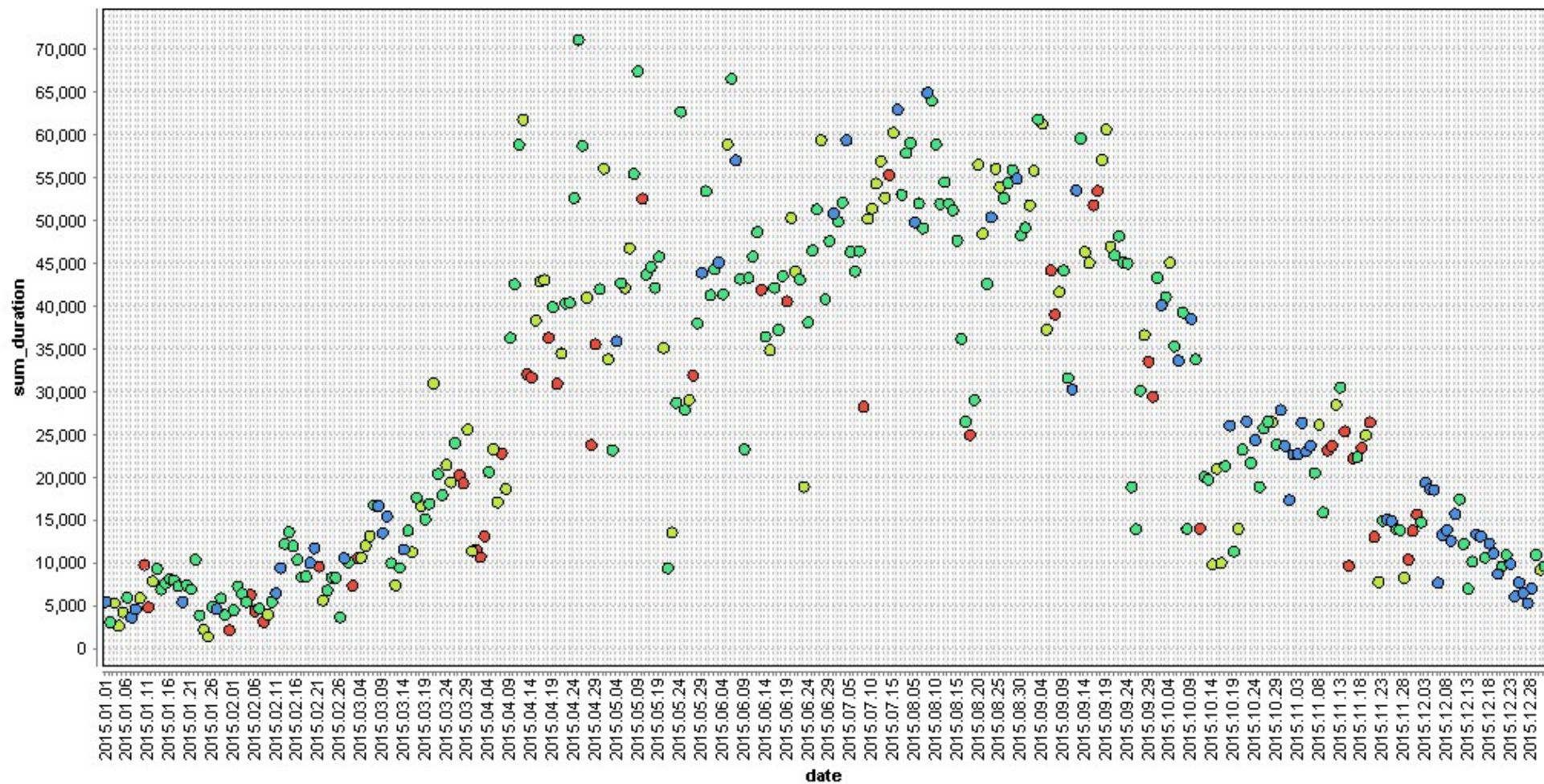
21. Melléklet: A napi kerékpározással töltött idő és a napi időjárás összefüggése

weather ● felhős ● napos ● eső ● havazás



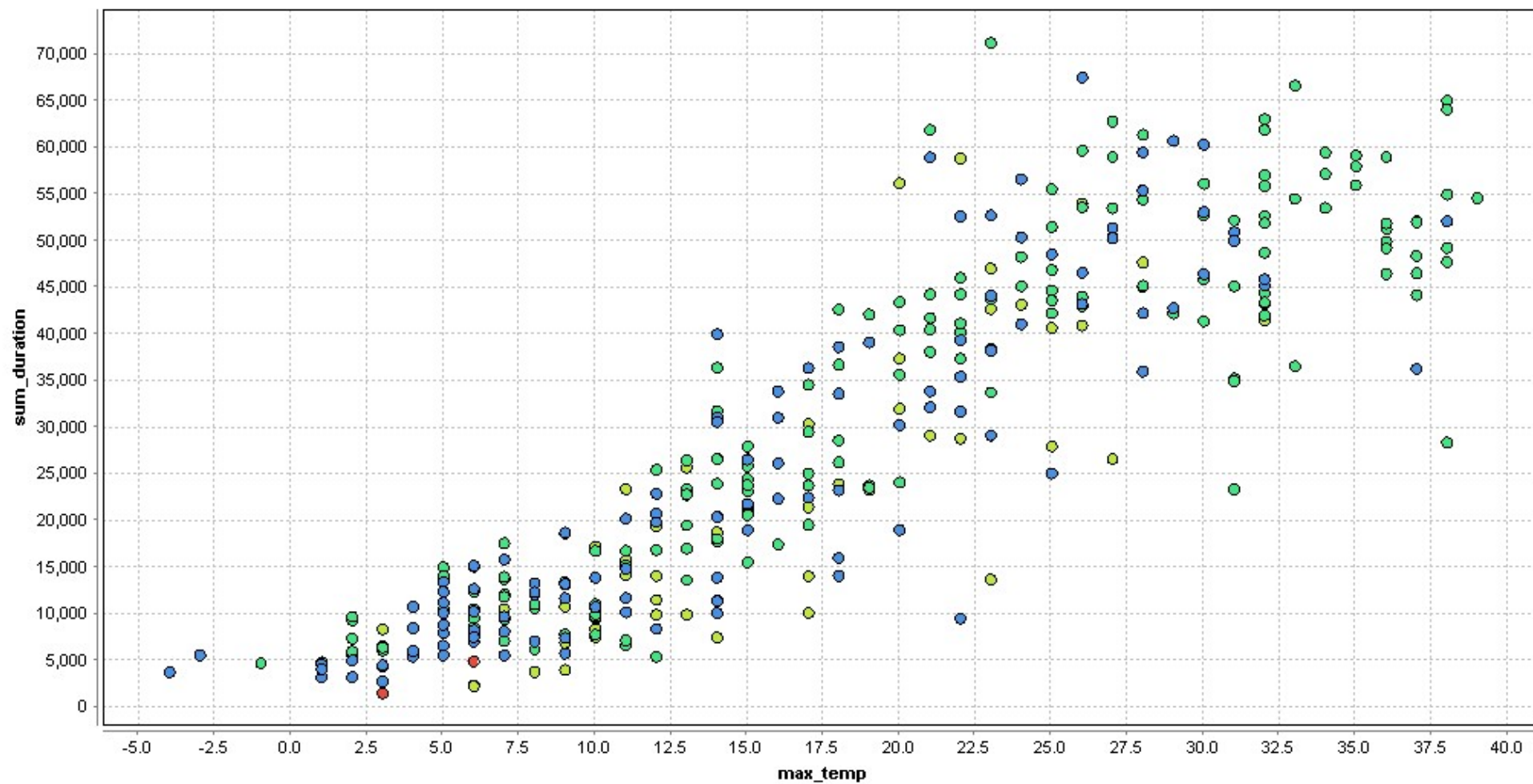
22. Melléklet: A napi kerékpározással töltött idő és a napi széltípus összefüggése

wind_tpe szellő gyenge mérsékelt erős



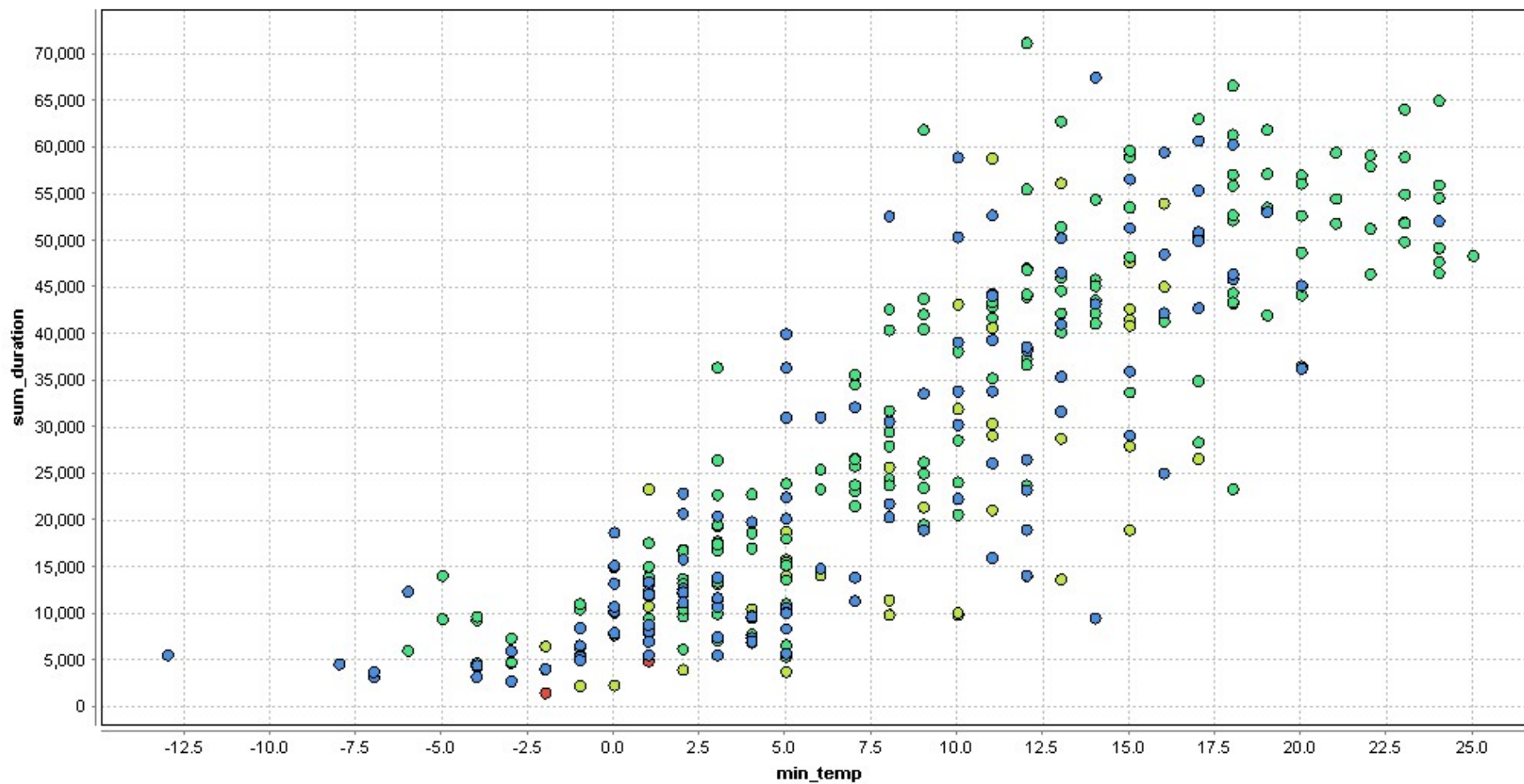
23. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi maximum hőmérséklettől

weather felhős napos eső havazás



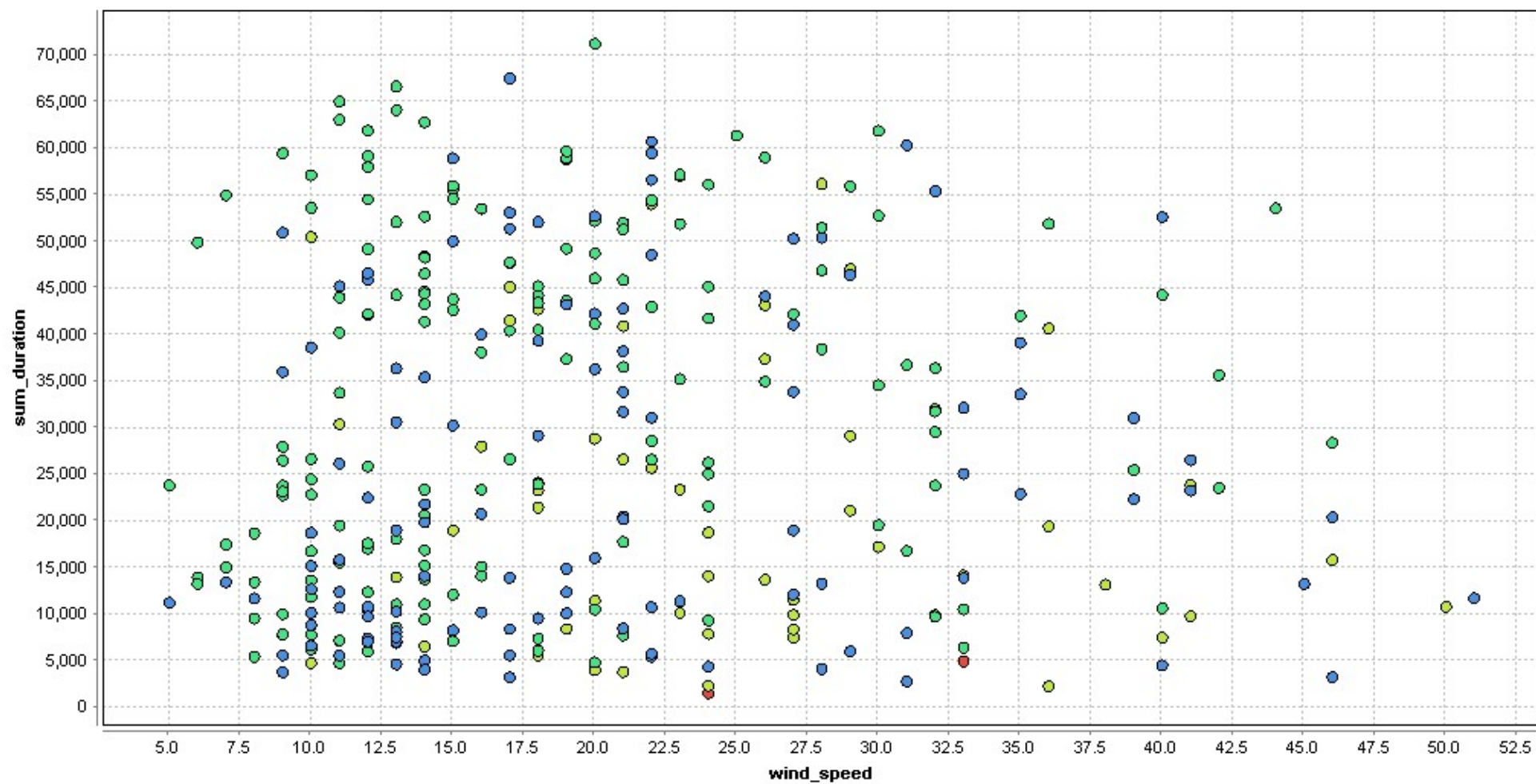
24. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi minimum hőmérséklettől

weather ● felhős ● napos ● eső ● havazás

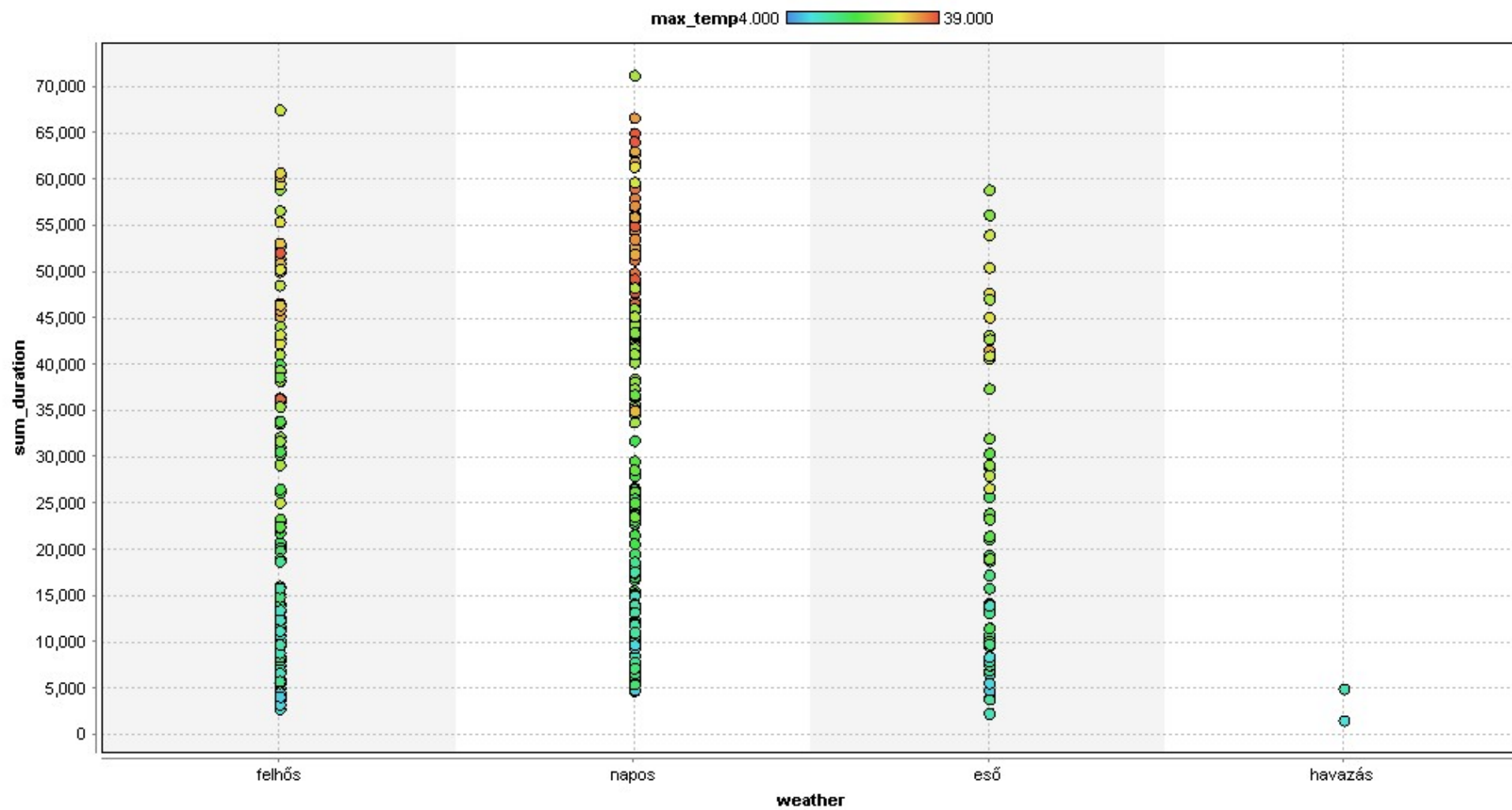


25. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése a napi átlagos szélesebségtől

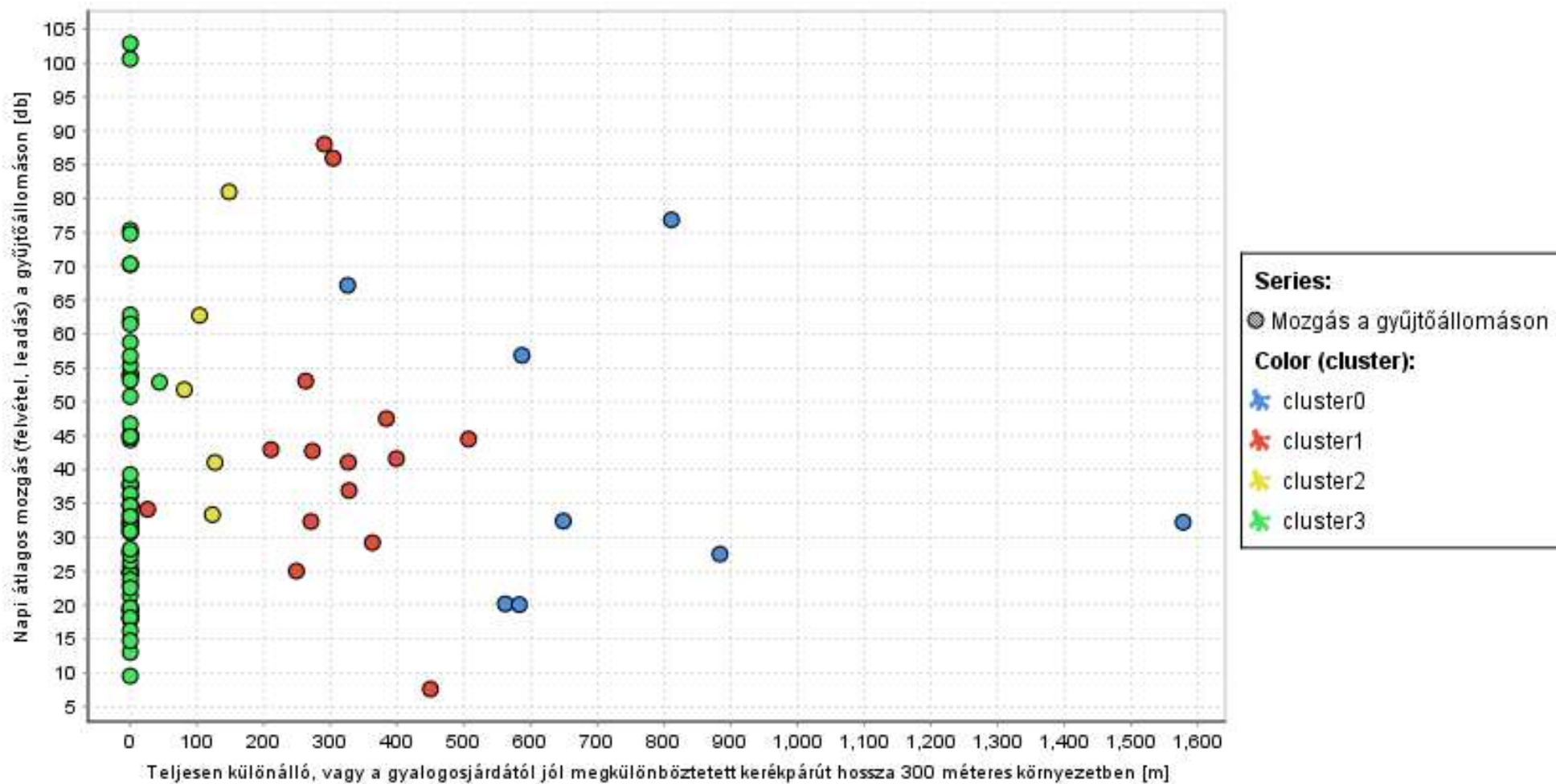
weather felhős napos eső havazás



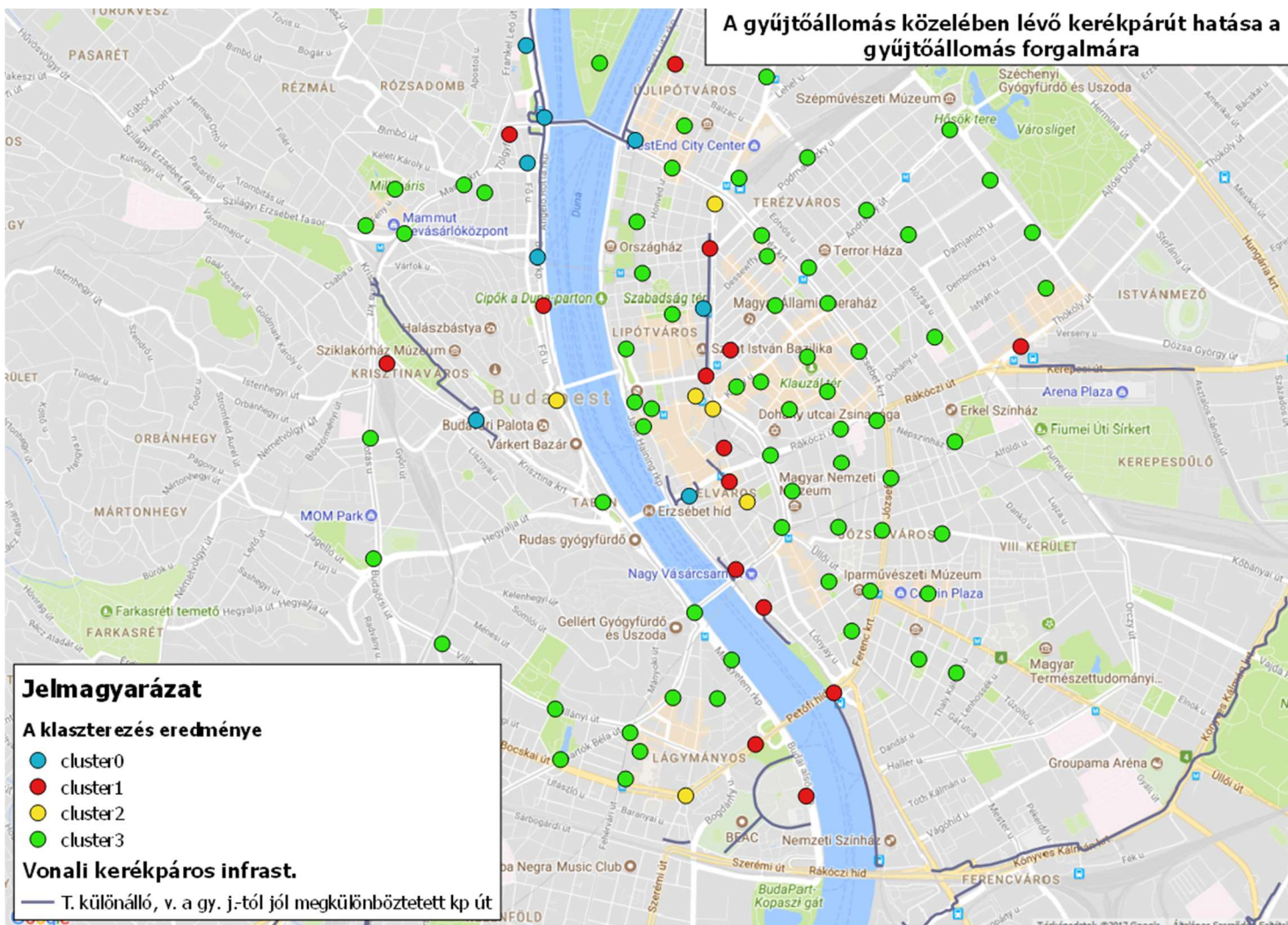
26. Melléklet: A naponta kerékpározással töltött idő függése az időjárástól



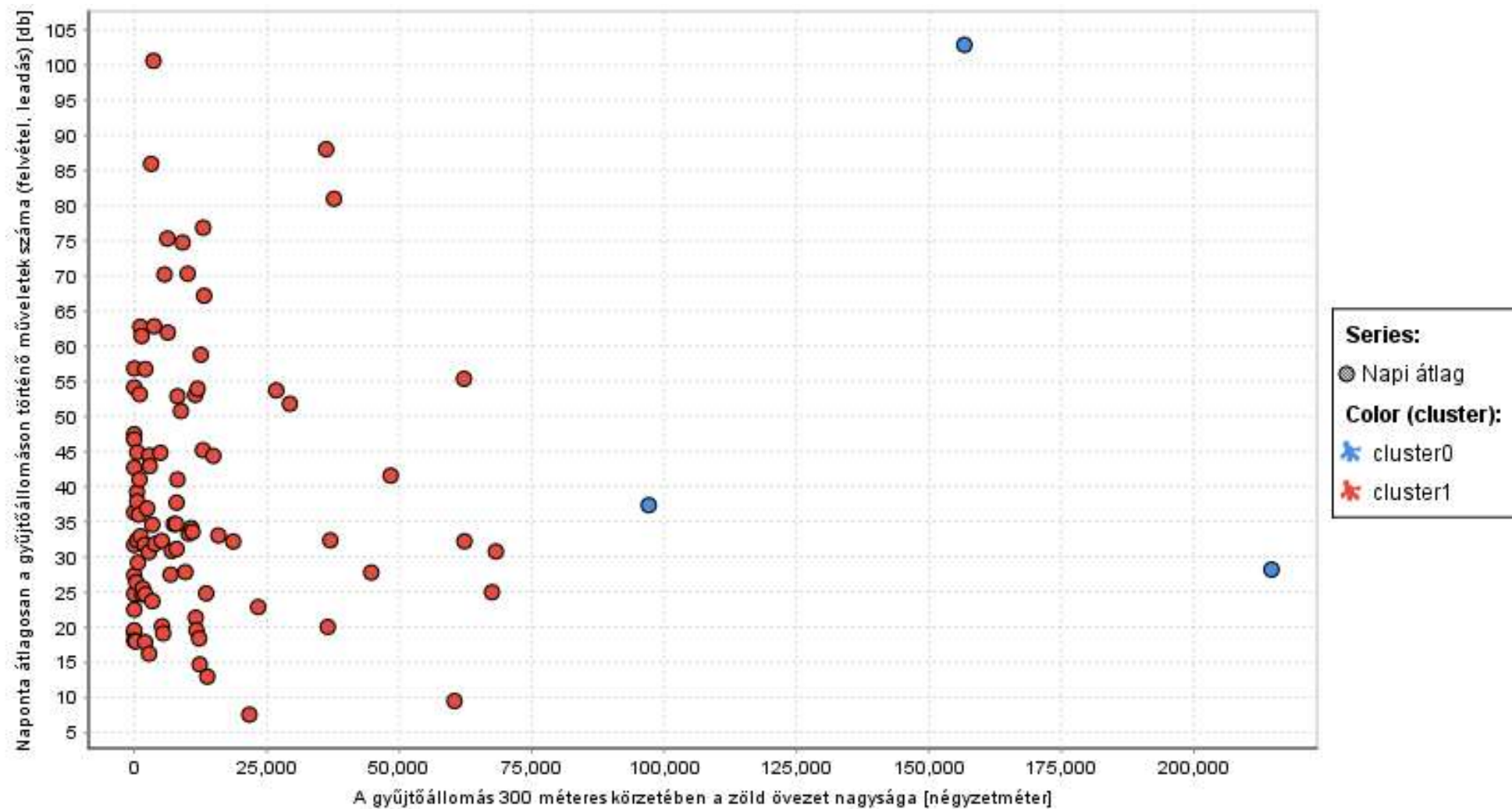
27. Melléklet: Teljesen különálló, vagy gyalogos járdától jól megkülönböztetett kerékpárút gyűjtőállomás közelében lévő hosszának hatása az átlagos napi forgalomra



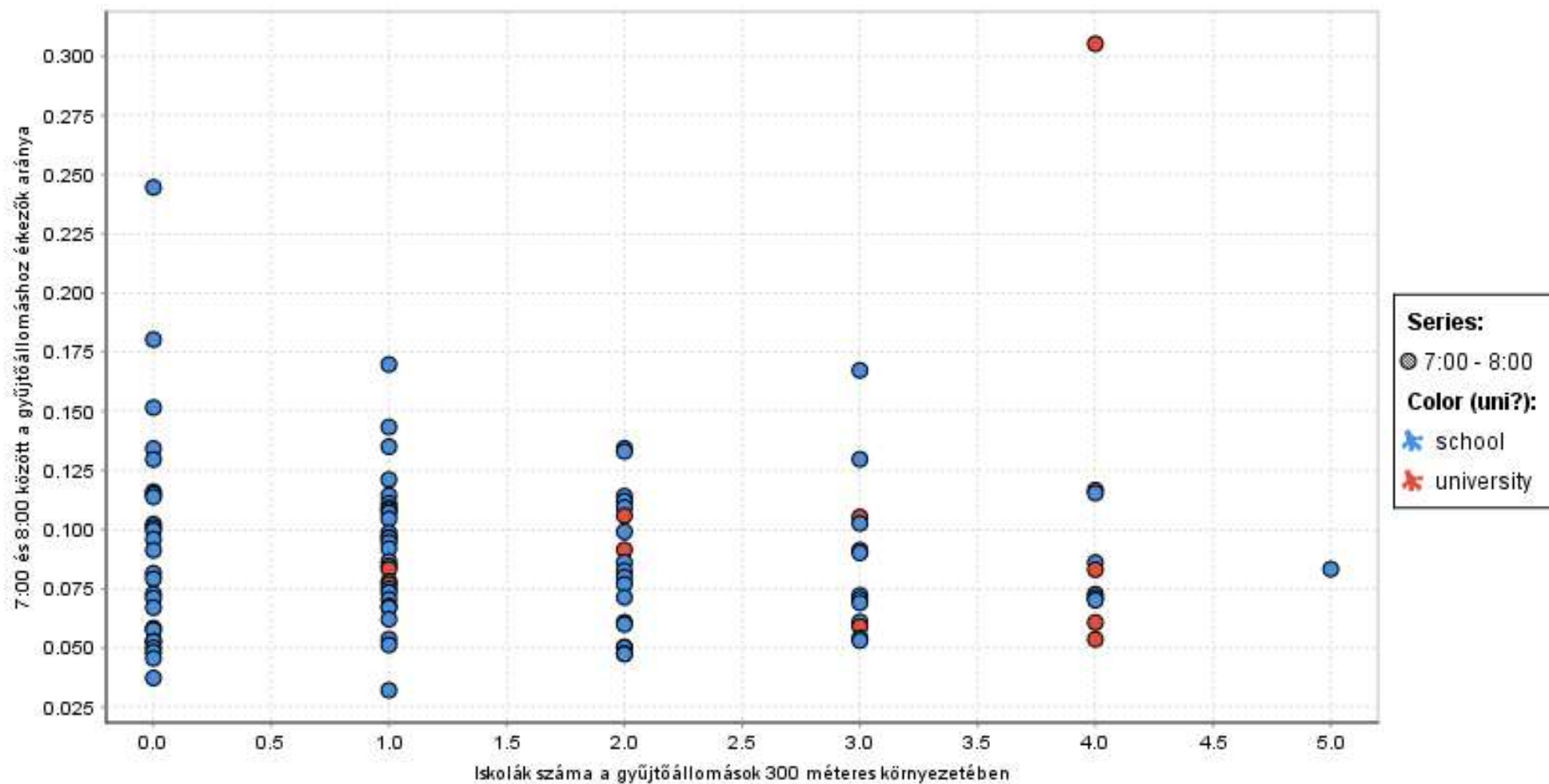
28. Melléklet: Teljesen különálló, vagy gyalogos járdától jól megkülönböztetett kerékpárút gyűjtőállomás közelében lévő hosszának hatása az átlagos napi forgalomra - térképi megjelenítés



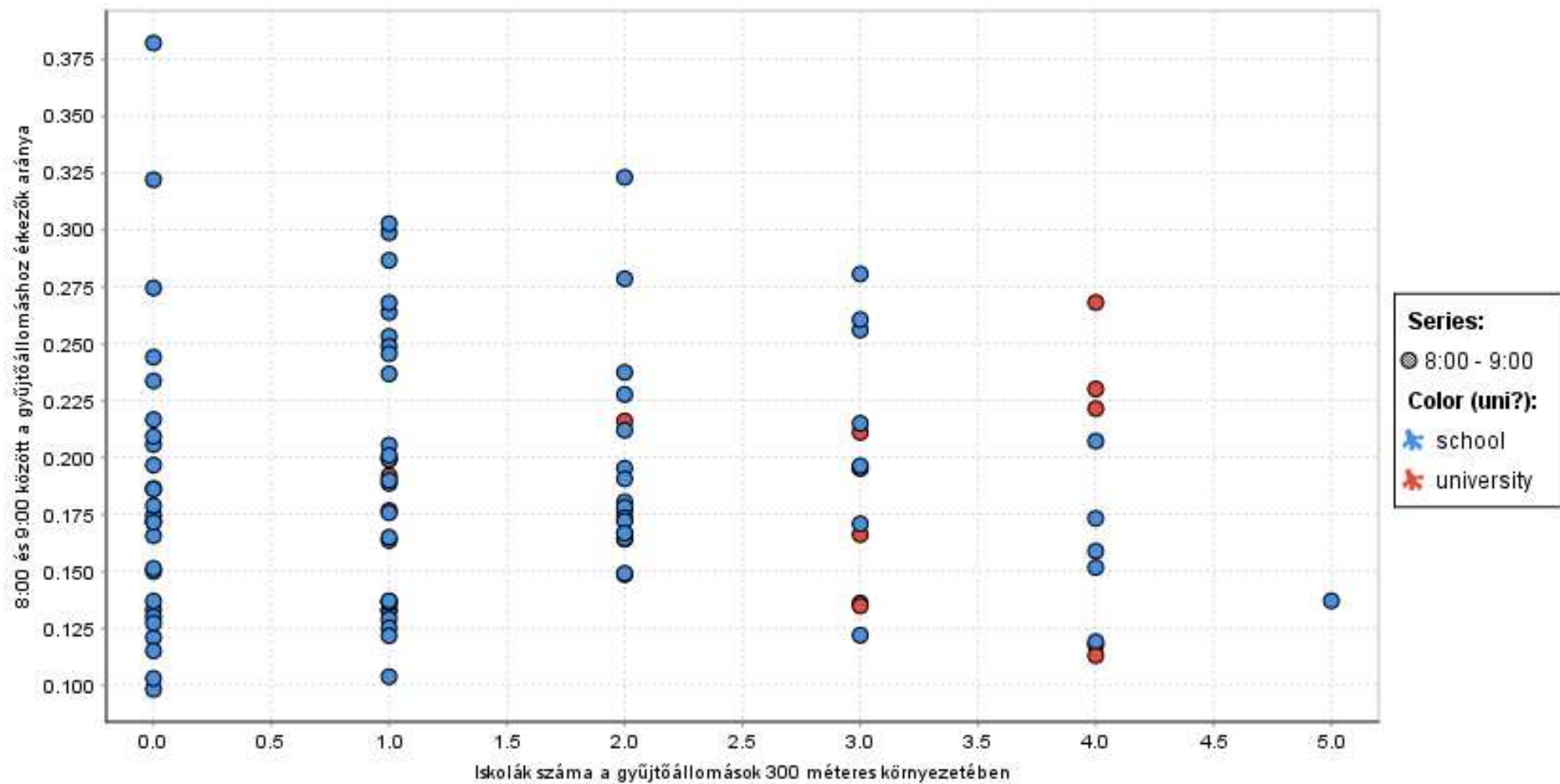
29. Melléklet: A gyűjtőállomások 300 méteres környezetében lévő zöld felületek és az átlagos napi forgalom összefüggése



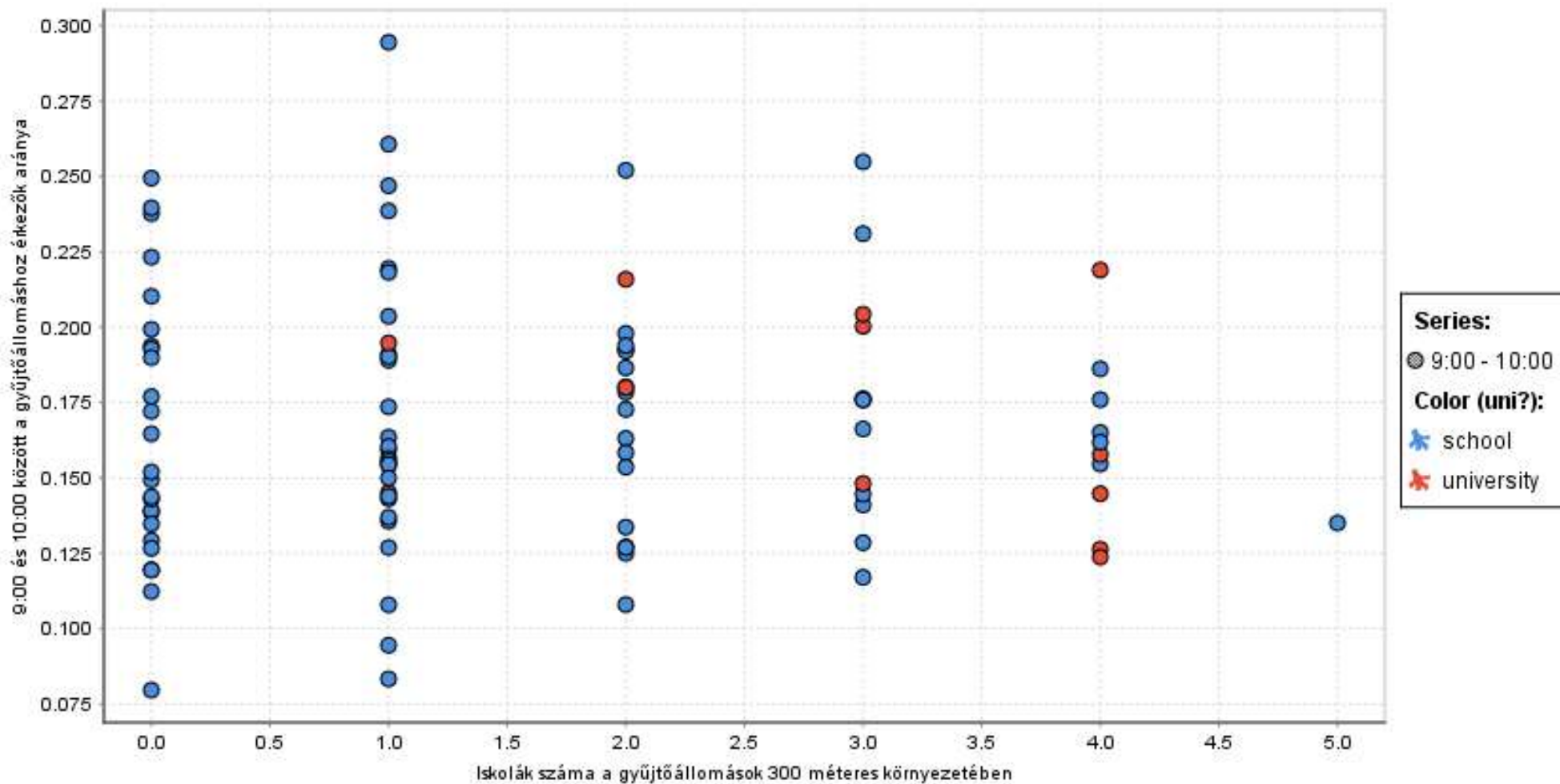
30. Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 7:00 és 8:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata



31. Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 8:00 és 9:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata



32. Melléklet: Az oktatási intézmények száma és a 9:00 és 10:00 között a gyűjtőállomáson jelentkező érkező forgalom arányának kapcsolata



33. Melléklet: A MOL Bubi közbringa rendszer üzembe helyezése óta eltelt hónapok bérlésszámai

