

# A villamosok fogyasztásmérésének és a mért adatok feldolgozásának új megközelítései

Vitéz Gergely

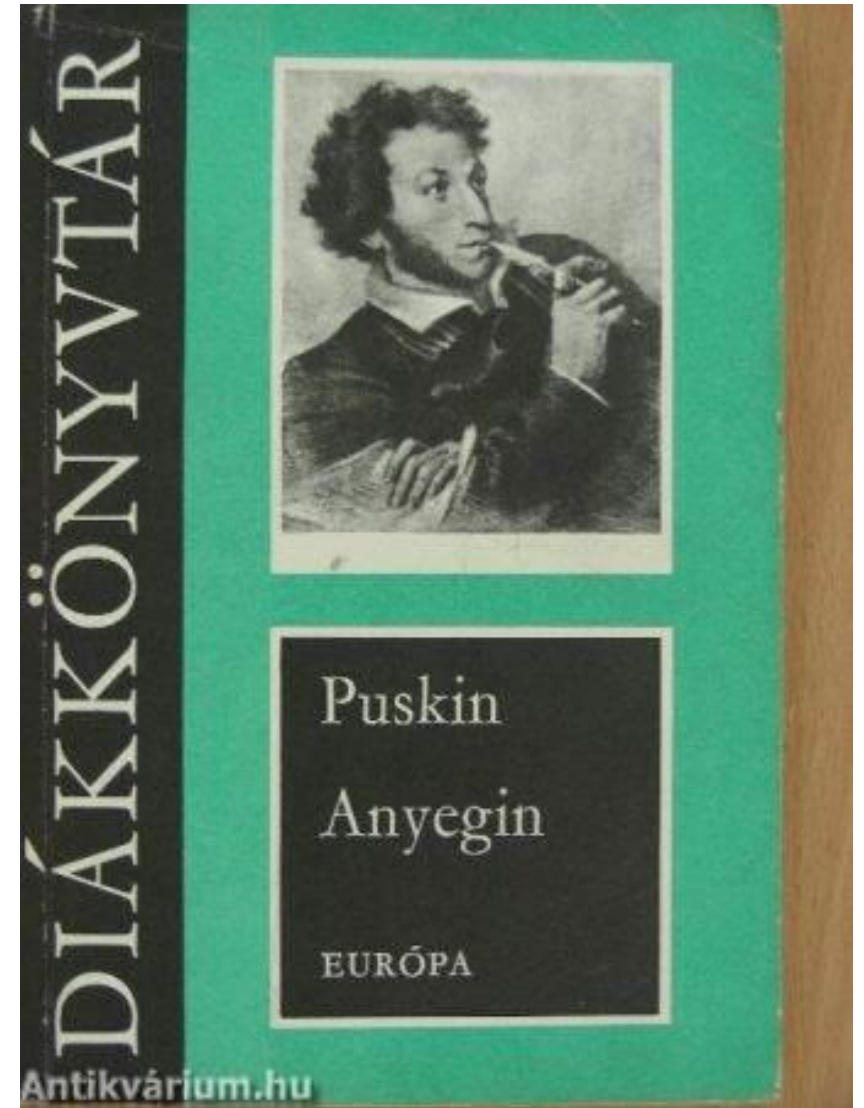
Járműfenntartási mérnök  
III. Vontatási Szakszolgálat

2024.09.04.



# Projektmunka

- **Közúti vasúti járművek energia-megtakarítási lehetőségek feltárása**
  - **Infrastruktúra Főmérnökség**
  - **Forgalmi Főmérnökség**
  - **Járműműszaki Főmérnökség**
  - **Műszaki Koordinációs Osztály**
- **Járművezetők fogyasztásának vizsgálata a 19-es viszonylaton**
- Mennyi az annyi és mitől függ?
- Egységes adatmátrix használata



# Mérési tervek

- **Nagymintás fogyasztásmérés**
  - Adatmennyisége több tízmillió adatsor, eredménye több ezer adatsor
  - Viszonylatok és járműtípusok összehasonlítási lehetőségei
- **Műterheléses mérés minden típusal**
  - Combino, CAF esetében a klímaberendezés hatásainak vizsgálata
- **Validációs mérés**
  - TiMon és DCMTE összehasonlítása
- **Infrastruktúra elemek hatásainak mérése**
  - TiMon
- **Utastéri fűtés üzemmódok mérése CAF típusok esetében**
  - TiMon

Megtett viszonylat hossza [m]	Felvett villamos munka [kWh]	Felvett vontatási munka [kWh]	Felvett segédüzemi munka [kWh]	Visszatáplált villamos munka [kWh]	Tényleges villamos munka [kWh]	Fajlagos villamos munka [kWh/km]	Fajlagos vm [kWh/fhkm]
3700	15,41	12,29	3,12	3,48	11,92	3,223	0,016115
5100	19,41	15,48	3,93	6,98	12,43	2,438	0,012188
7900	29,59	23,87	5,72	8,99	20,6	2,607	0,013035
18200	108,52	90,19	18,33	41,51	67	3,682	0,010671
7900	34,99	28,83	6,16	9,01	25,97	3,288	0,016438
3700	13,27	10,71	2,55	3,18	10,09	2,726	0,013631
18000	111,23	91,91	19,33	42,21	69,03	3,835	0,011115
5000	20,3	16,5	3,81	8,41	11,9	2,379	0,011897
5100	18,86	14,91	3,95	6,58	12,28	2,407	0,012037
18200	113,67	96,62	17,05	45,52	68,15	3,744	0,010853
13400	58,38	48,53	9,85	20,92	37,46	2,796	0,013978
7900	29,41	23,22	6,19	6,57	22,85	2,892	0,014461
3700	14,87	11,99	2,88	3,98	10,89	2,942	0,014711
7900	32,93	27,38	5,55	9,4	23,53	2,979	0,014894

# Járművezetők fogyasztásának vizsgálata a 19-es viszonylaton

- Április: mérés inkognitóban
- Szeptember: tudatos mérés
- 19-es viszonylaton 7 CAF jármű rögzít
- Április hónapban legalább 30 menetrendi menetet teljesítő járművezetőknek fajlagos kWh/km érték képzése
- Járművezetők közötti verseny



# Mérési folyamat



# Jármű oldali adatok

- DCMTE műszer adatainak feldolgozása
- Percenként 1 adatsor
- Modbus kiolvasás RS-485-ön (lassú...)
- adattisztítás
- Duplikációk törlése (pontos idő átállítás, teljes adatmentés esetén átfedések törlése)



Record time	U1 min [V]	U1 avg [V]	U1 max [V]	U2 min [V]	U2 avg [V]	
2022.07.16. 0:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
2022.07.16. 0:15:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
2022.07.16. 0:30:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
2022.07.16. 0:45:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
2022.07.16. 1:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
2022.07.16. 1:15:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
2022.07.16. 1:30:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	

# Járműdiagnosztikai adatok

- Tizedmásodperces adatrögzítés
- CAF Urbos 3
- TiMon Embedded
  - HMI-n futó háttérprogram
- Villamosokon a HMI kijelző USB1-es port
- M12 <-> USB A átalakító



# TiMon Embedded

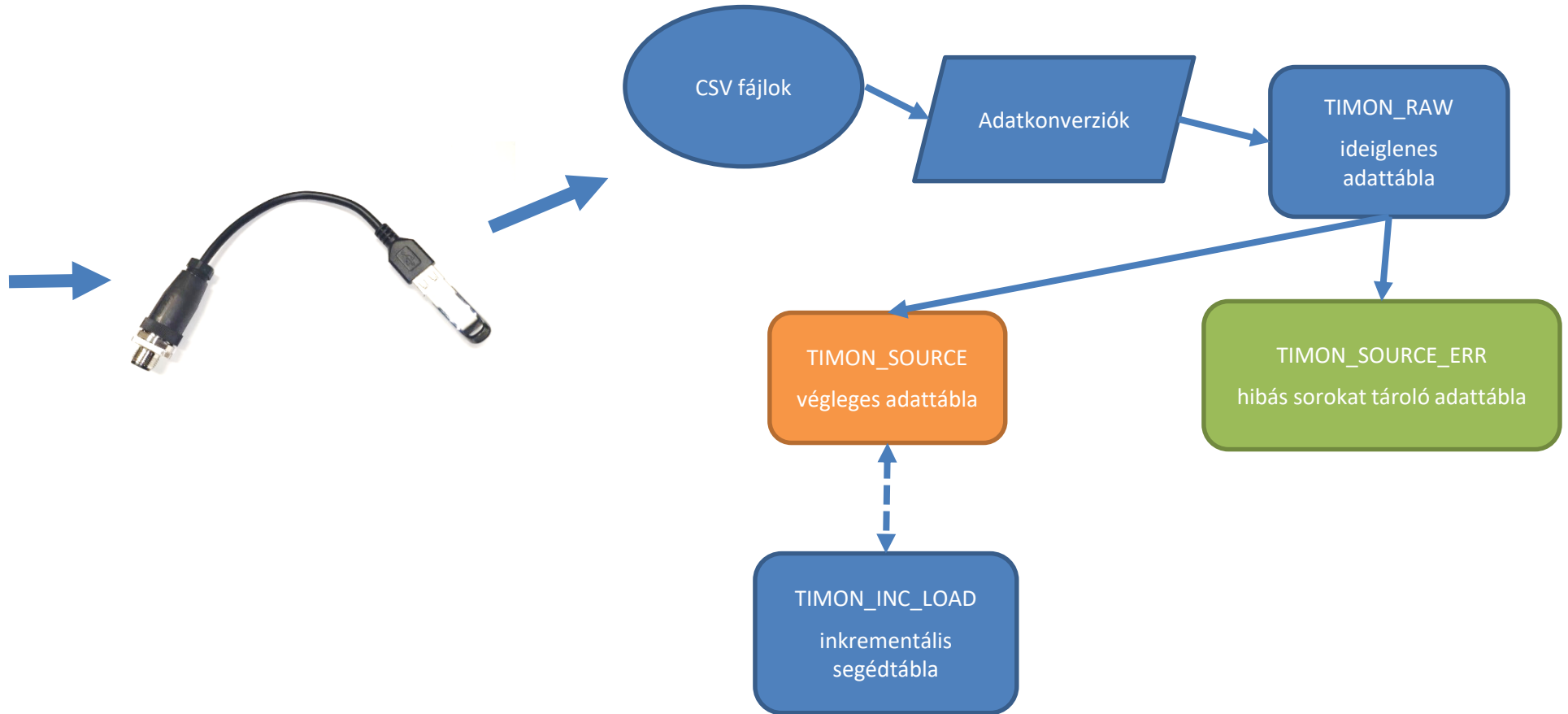
- HMI-n működő háttérfolyamat
- XML-ben kapott paramétereknek megfelelő változók értékeinek mentése
- Pontosvesszővel tagolt \*.csv fájlok mentése a hordozható adathordozóra
- Utólag adatkonverzió szükséges (pl. menetregisztráló BCD kódolásából dátum/idő előállítás)



```
<?xml version='1.0' encoding='ISO-8859-1'?>  
<CST SAMPLE_PERIOD="100" QUALITY_THRESH="5" TRIGGER_EXTRATIME="1000">  
<TRIGGER ACT="0" OPERATION="1" TR_VARIABLE="" CONSTANT="0"/>  
<VARIABLE NAME="TCU_C1_CAuxEnergy" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_C1_EnergyConsu" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_C1_EnergyDissip" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_C1_EnergyRegen" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_C2_CAuxEnergy" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_C2_EnergyConsu" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_C2_EnergyDissip" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_C2_EnergyRegen" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''  
<VARIABLE NAME="TCU_M3_CAuxEnergy" COMMENT="" SOURCE="vardb" PHYSUNIT=''
```



# CAF jármű adatbetöltés



# CAF jármű adatfeldolgozás

- Ismételt betöltés elleni védelem
- Idő szinkron hibák
- Duplikációs hibák
- manuális adatkiolvasás (a Wifi lassúnak bizonyult, 1-2 MB/s)
- napi adatmennyiség: ~400 MB/nap/kocsi
- 250 GB nyers adat



# Forgalmi adatok

- A villamosok menetadatai ForTe + FUTÁR rendszer -> SAP BO -> Excel export -> AB betöltés
- A havi zárások után egy havi teljes frissítés
- Adattisztítás
- Adatkonverzió



Nem biztonságos | wevs01sapbo:8080/BOE/BI

Villamos menetek

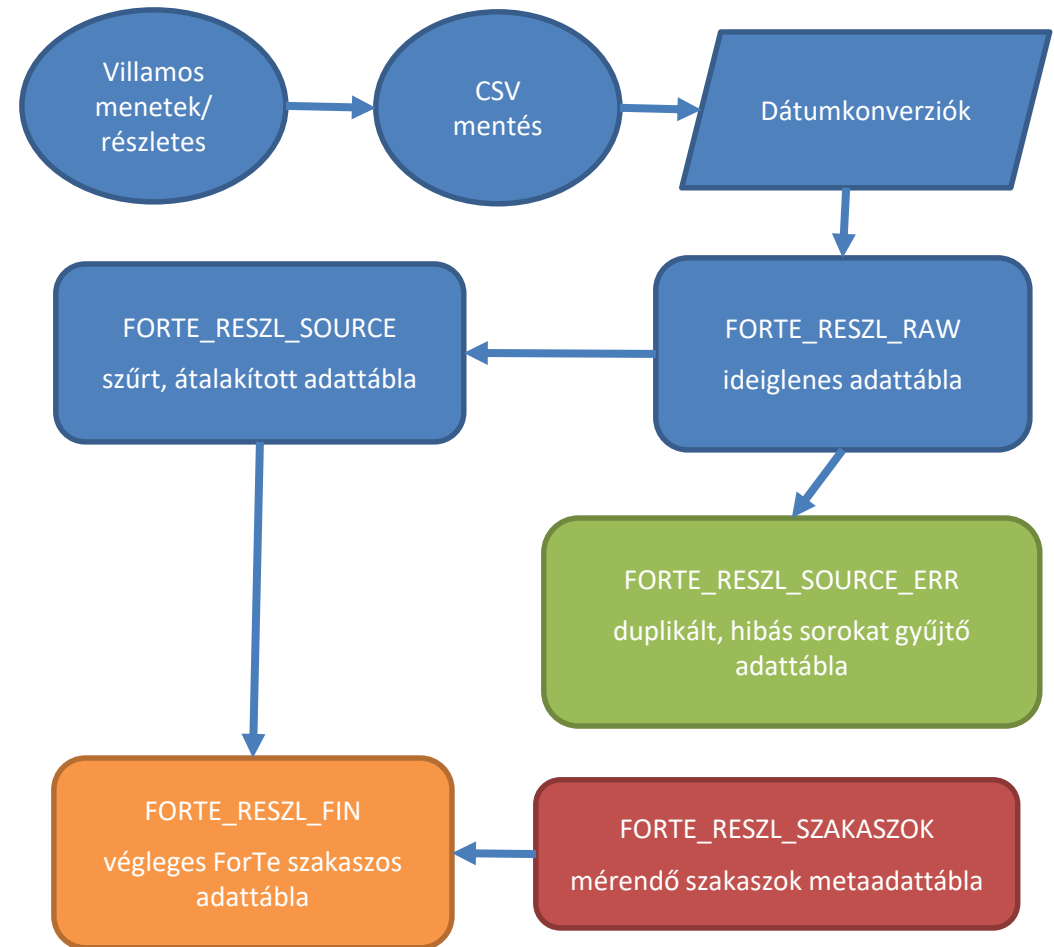
**Villamos menetek**

Dátum (-tól): 2023. nov. 1. Dátum (-ig): 2023. nov. 8. Járművezető: Pályaszám: SZŰRÉS Excel export:

Pályaszám	Vonal	Forgalmi szám	Dátum	Dátum (FML)	Tevékenység	Kezdés	Hely	Végállomás név (1)	Végzés	Végállomás (2)	Végállomás név (2)	Időtartam	Végz	TAV_M	TERHOSSZ_M
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	04:53	003077	Városház tér	05:12	F02194	Móricz Zsigmond körtér M	19		5 800,00	5 729
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	05:13	F02194	Móricz Zsigmond körtér M	05:23	002110	Deák Ferenc tér M	10		2 900,00	2 954
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	05:33	002110	Deák Ferenc tér M	06:11	003077	Városház tér	38		8 900,00	8 771
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	06:11	003077	Városház tér	06:31	F02194	Móricz Zsigmond körtér M	20		5 800,00	5 729
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	06:32	F02194	Móricz Zsigmond körtér M	06:43	002110	Deák Ferenc tér M	11		2 900,00	2 954
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	06:51	002110	Deák Ferenc tér M	07:23	003077	Városház tér	32		8 900,00	8 771
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	07:31	003077	Városház tér	07:52	F02194	Móricz Zsigmond körtér M	21		5 800,00	5 729
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	07:52	F02194	Móricz Zsigmond körtér M	08:04	002110	Deák Ferenc tér M	12		2 900,00	2 954
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	08:11	002110	Deák Ferenc tér M	08:59	003077	Városház tér	48		8 900,00	8 771
V1313	3470	3	2023.11.01.	2023.11.01.	F	08:59	003077	Városház tér	09:30	002110	Deák Ferenc tér M	31		8 700,00	8 683

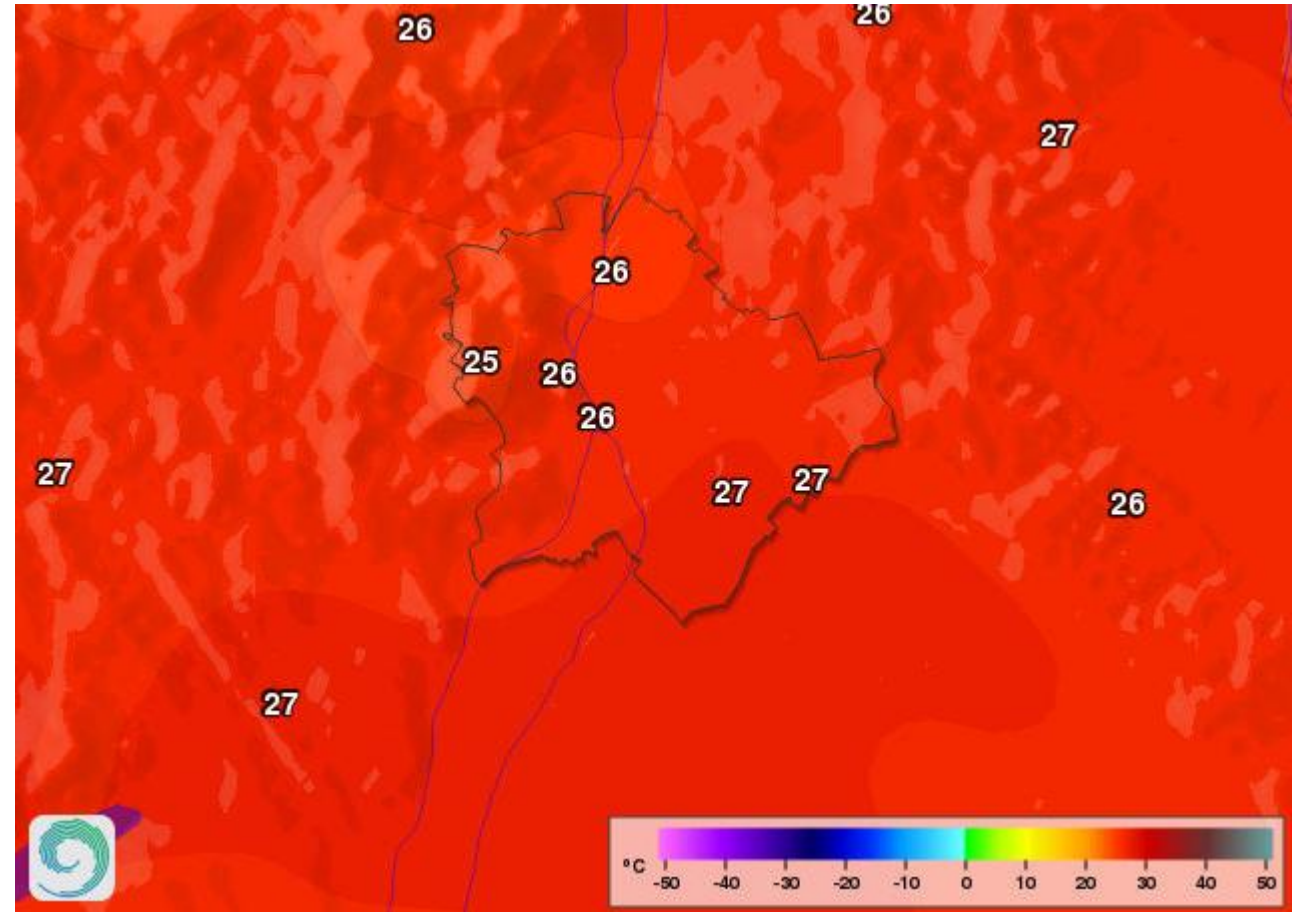
# Forgalmi adatok feldolgozása

- ForTe és FUTÁR forgalmi adatok
- Anomáliák a két rendszer között
- Menetek, részmenetek létrehozása



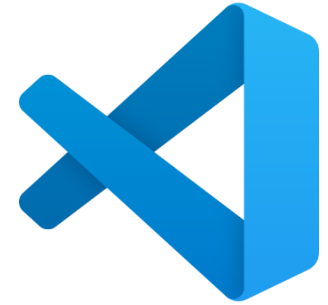
# Környezeti hőmérséklet

- HungaroMet publikus adatok letöltése HTTP-vel
- Tömörített \*.csv formátum



# Eszközök

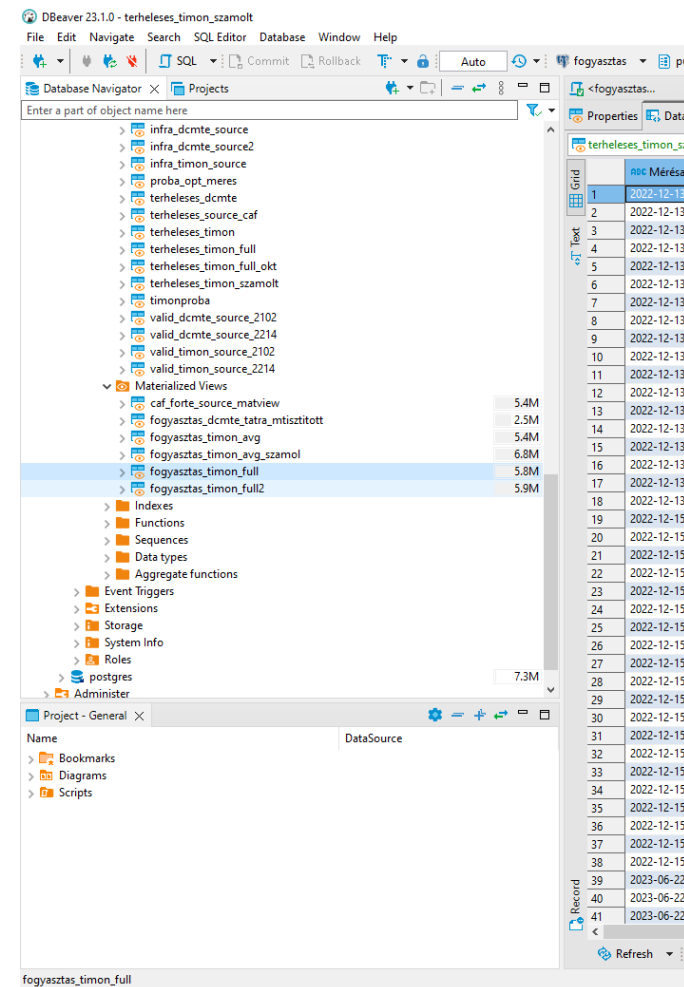
- Talend Open Studio megszűnt
  - Kiváltására Python szkriptek
- PostgreSQL 15 -> Microsoft SQL Server
  - A lekérdezések kisebb-nagyobb módosításokkal átvihetők
  - Adatbázis folyamatok tárolt eljárások, függvények
  - Dbeaver 23.1.0 adatbáziskezelő
- Excel 2019 ODBC adatforrás, PowerQuery
  - Paraméteres lekérdezés



# PostgreSQL 15 <-> MS SQL szerver

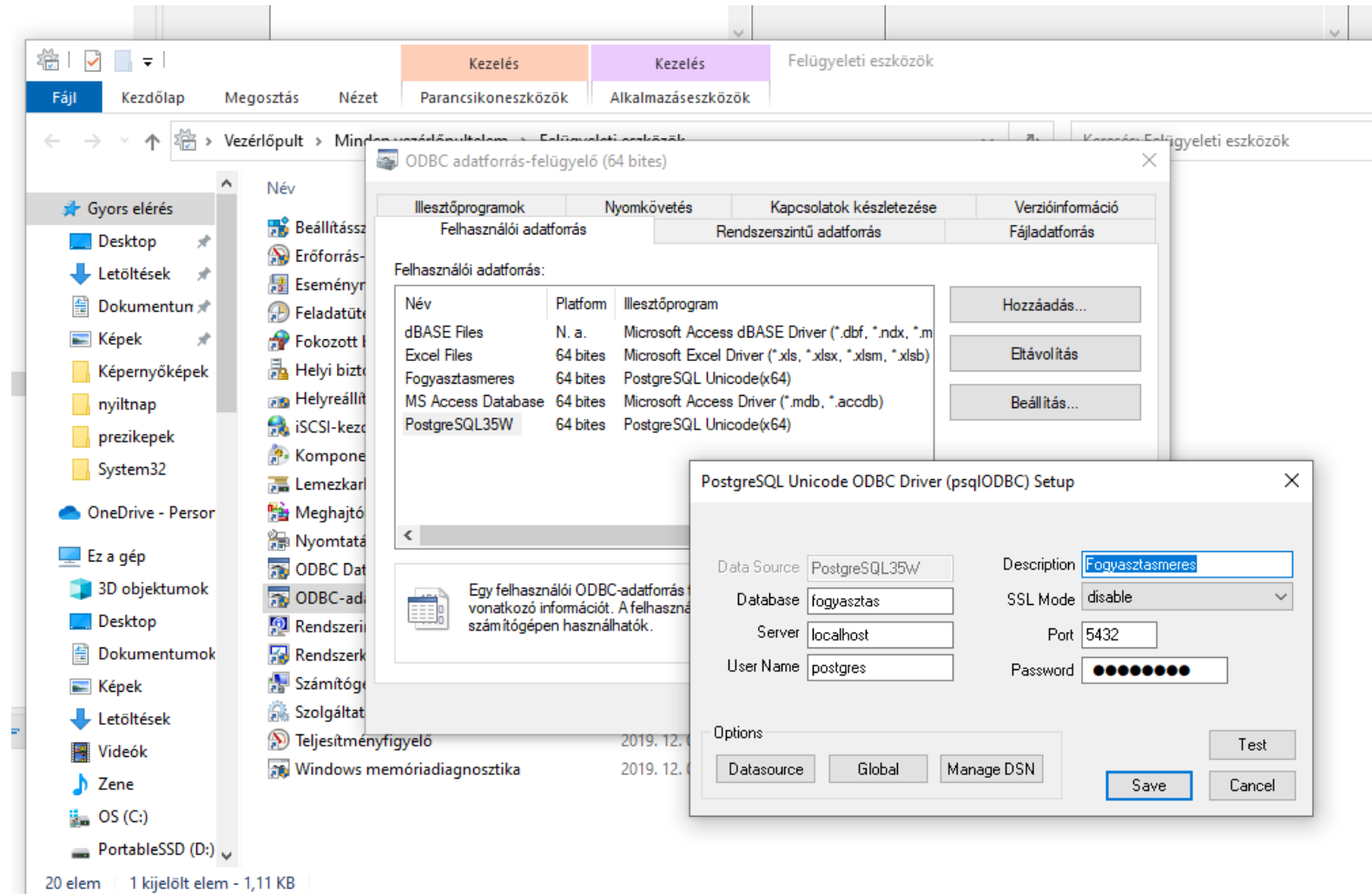
- Nyílt forráskódú adatbázis kiszolgáló
- Oracle-t megközelítő tudás
- Viszonylag alacsony rendszerigény
- Többszálú végrehajtás (finom hangolni kell)
- ODBC kompatibilitás
- Dbeaver adatbázis-kezelő alkalmazás

- Zárt rendszer
- Terméktámogatás elérhető
- Vállalati támogatást élvez
- Belső programozása eltér a Postgrestől
- A megírt kódok részben használhatóak voltak
- MS Office termékek részéről teljes támogatás
- Hardver adottságok sokkal nagyobb teljesítményűek



# ODBC és Excel

- az Excel 2019 tényleges számítás az adatmátrix előállítására nem végez
- ODBC kapcsolat létrehozása a Windowsban a PostgreSQL adatbázishoz
- Excel \*.xlsx, mint adatforrás...problémás, főleg a dátumformátum, és az abból mentett fájl
- Megoldás: \*.csv formátumba mentés és feldolgozás





# Adatmátrix létrehozása

- MS SQL Server adatbázison belül SQL nézetek alkalmazása
  - (tárolt lekérdezés)
- Adattáblák között kapcsolat
- Adatok aggregálása, konvertálása, kerekítése
- SQL Server teljesítménye lényegesen nagyobb, mint a helyi PostgreSQL, az adatgenerálás órákról ~10 perces futásra csökkent

```
SELECT
  sum(
    CASE
      WHEN (raw.catcurr + raw.cauxcurr) > 0 THEN raw.catcurr * raw.catvolt + raw.cauxc
      ELSE 0
    END) / 3600000.0 AS felvett_e,
  sum(
    CASE
      WHEN (raw.catcurr + raw.cauxcurr) > 0 THEN raw.catcurr * raw.catvolt
      ELSE 0
    END) / 3600000.0 AS felvett_vont,
  sum(
    CASE
      WHEN (raw.catcurr + raw.cauxcurr) > 0 THEN raw.cauxcurr * raw.catvolt
      ELSE 0
    END) / 3600000.0 AS felvett_seged,
  (- sum(
    CASE
      WHEN (raw.catcurr + raw.cauxcurr) < 0 THEN raw.catcurr * raw.catvolt + raw.cauxc
      ELSE 0
    END)) / 3600000.0 AS vissza_e,
  round(avg(raw.jrm_hofok_kulso),2) AS jrm_hofok_kulso,
  round(avg(raw.jrm_klima_eltolas)/0.5,0)/2 AS jrm_klima_eltolas,
  round(avg(raw.jrm_hofok_belso),2) AS jrm_hofok_belso,
  round(avg(raw.jrm_klima),2) AS jrm_klima,
  avg(raw.wtc1 + raw.wtc2 + raw.wtm + raw.wtr1 + raw.wtr2) / 100.0 AS jrm_suly,
  max(c1fel) - min(c1fel) + max(c2fel) - min(c2fel) + max(m3fel) - min(m3fel) AS felvett_agg,
  max(c1vis) - min(c1vis) + max(c2vis) - min(c2vis) + max(m3vis) - min(m3vis) AS vissza_agg,
  max(c1aux) - min(c1aux) + max(c2aux) - min(c2aux) + max(m3aux) - min(m3aux) AS caux_agg,
  max(dist) - min(dist) AS mert_tav,
  raw."Mero_palyaszam",
  raw."HVAC_Curve",
  raw.tip_nev,
  raw.ferohely,
  raw."Palyaszam",
  raw."Kocsi1",
  raw."Kocsi2".
```

# Adatmátrix létrehozása

- Adatok kinyerése Excelbe MS SQL Server adatbázisból

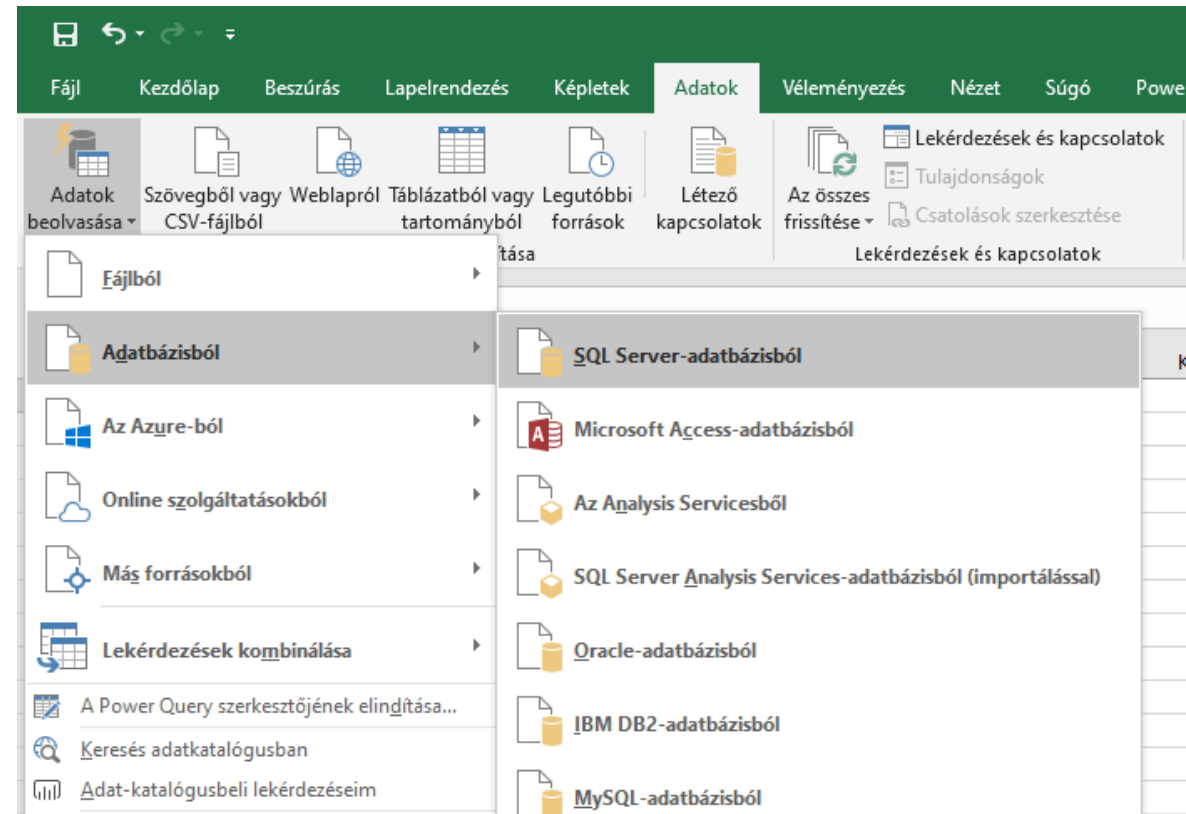
Kezelő

fogyasztas\_timon\_fullv\_tisztított

Ezen a napon letöltött elemek előzetes megtekintése: 2023. október 6., péntek

Mérésazonosító	Pályaszám	Típus	Mérőberendezés típusa	Járműve
2023-05-31-2102-010010	V2102	CAF9	TiMon	9871
2023-06-01-2102-010423	V2102	CAF9	TiMon	6813
2023-06-01-2102-010456	V2102	CAF9	TiMon	6813
2023-06-01-2102-010559	V2102	CAF9	TiMon	6813
2023-06-01-2102-010654	V2102	CAF9	TiMon	3545
2023-06-01-2102-010755	V2102	CAF9	TiMon	3545
2023-06-01-2102-011156	V2102	CAF9	TiMon	3545
2023-06-01-2102-011156	V2102	CAF9	TiMon	4595
2023-06-01-2102-011507	V2102	CAF9	TiMon	A6688
2023-06-01-2102-011607	V2102	CAF9	TiMon	A6688
2023-06-01-2102-011703	V2102	CAF9	TiMon	3512
2023-06-01-2102-011804	V2102	CAF9	TiMon	3512
2023-06-01-2102-011905	V2102	CAF9	TiMon	1228
2023-06-01-2102-012007	V2102	CAF9	TiMon	1228
2023-06-01-2102-012106	V2102	CAF9	TiMon	A5120
2023-06-01-2102-012215	V2102	CAF9	TiMon	A5120

Az előnézetben lévő adatok méretkorlátozások miatt csönkölva vannak.



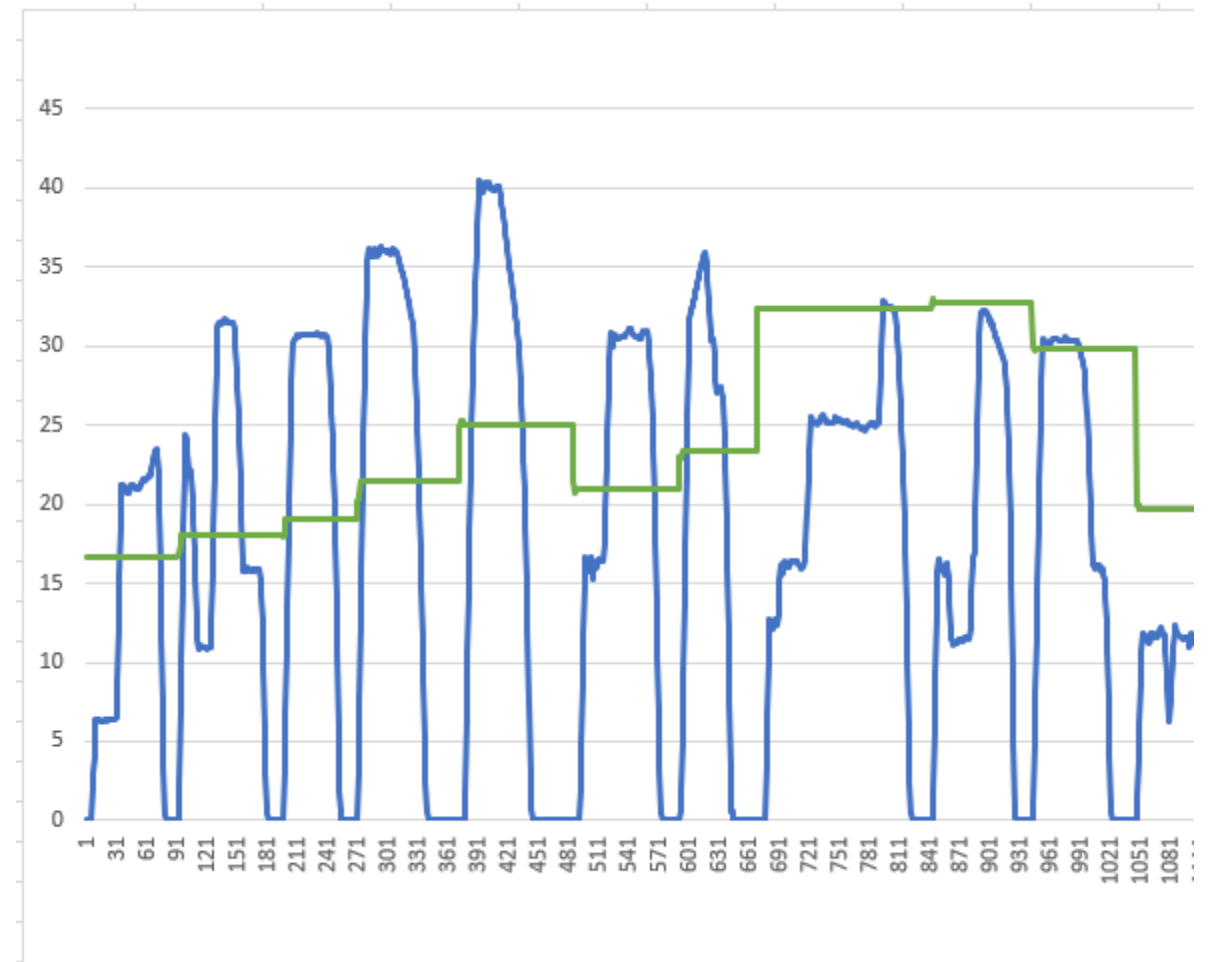
- A fő adatokban egységes séma

# TiMon Adatmátrix

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
	Mérésazonosító	Pályaszám	Típus	Mérőberendezés típusa	Járművezető FORTE azonosítója	Kezdő időpont	Befejező időpont	Induló állomás	Célállomás	Megtett viszonylat száma	Megtett viszonylat hossza [m]	Felvett villamos munka [kWh]	Felvett vontatási munka [kWh]	Felvett segédüzemi munka [kWh]	Visszatáplált villamos munka [kWh]	Tényleges villamos munka [kWh]	Fajlagos villamos munka [kWh/km]	Fajlagos vm [kWh/fhkm]	Rendkívüli esemény	Tevékenység	Útvonal típus	Légkondicionáló használata	Légkondicionáló görbe	Légkondicionáló eltolás [d°C]	Jármű által mért külső hőmérséklet [°C]	Jármű által mért belső hőmérséklet [°C]	OMSZ budapesti hőmérséklet [°C]	Jármű össztömege [t]	Jármű terhelése [%]
2389	2023-06-21-2235-210801	V2235	CAF5	TiMon	A4470	2023.06.21 8:01	2023.06.21 8:14	Batthyány tér M+H	Móricz Zsigmond körtér M	19	3700	15,41	12,29	3,12	3,48	11,92	3,223	0,016115	F	IC	I	I	-2	24	21	29	47,92	30	
2390	2023-06-21-2231-210806	V2231	CAF5	TiMon	A6438	2023.06.21 8:06	2023.06.21 8:23	Batthyány tér M+H	Bécsi út / Vörösvári út	19	5100	19,41	15,48	3,93	6,98	12,43	2,438	0,012188	F	C	I	T	-1	25	23	29	45,27	18	
2391	2023-06-21-2204-210812	V2204	CAF5	TiMon	6249	2023.06.21 8:12	2023.06.21 8:39	Pestszentlőrinc, Béke tér	Határ út M	50	7900	29,59	23,87	5,72	8,99	20,6	2,607	0,013035	F	N	I	T	-3	26	22	29	42,61	7	
2392	2023-06-21-2109-210814	V2109	CAF9	TiMon	A7970	2023.06.21 8:14	2023.06.21 9:06	Bécsi út / Vörösvári út	Kelenföld vasútállomás M	1	18200	108,52	90,19	18,33	41,51	67	3,682	0,010671	F	N	I	T	-2	26	22	29	71,4	11	
2393	2023-06-21-2214-210820	V2214	CAF5	TiMon	A7715	2023.06.21 8:20	2023.06.21 8:46	Határ út M	Pestszentlőrinc, Béke tér	50	7900	34,99	28,83	6,16	9,01	25,97	3,288	0,016438	F	N	I	T	-3	27	21	29	40,51	0	
2394	2023-06-21-2235-210822	V2235	CAF5	TiMon	A4470	2023.06.21 8:22	2023.06.21 8:34	Móricz Zsigmond körtér M	Batthyány tér M+H	19	3700	13,27	10,71	2,55	3,18	10,09	2,726	0,013631	F	IC	I	T	-2	25	21	29	45,43	19	
2395	2023-06-21-2111-210829	V2111	CAF9	TiMon	A5675	2023.06.21 8:29	2023.06.21 9:21	Kelenföld vasútállomás M	Bécsi út / Vörösvári út	1	18000	111,23	91,91	19,33	42,21	69,03	3,835	0,011115	F	N	I	T	-2	27	23	29	70,77	9	
2396	2023-06-21-2231-210830	V2231	CAF5	TiMon	A6438	2023.06.21 8:30	2023.06.21 8:47	Bécsi út / Vörösvári út	Batthyány tér M+H	19	5000	20,3	16,5	3,81	8,41	11,9	2,379	0,011897	F	C	I	T	-2	25	22	29	43,9	12	
2397	2023-06-21-2235-210836	V2235	CAF5	TiMon	A4470	2023.06.21 8:36	2023.06.21 8:53	Batthyány tér M+H	Bécsi út / Vörösvári út	19	5100	18,86	14,91	3,95	6,58	12,28	2,407	0,012037	F	C	I	T	-2	26	22	29	46,17	22	
2398	2023-06-21-2110-210836	V2110	CAF9	TiMon	A2906	2023.06.21 8:36	2023.06.21 9:28	Bécsi út / Vörösvári út	Kelenföld vasútállomás M	1	18200	113,67	96,62	17,05	45,52	68,15	3,744	0,010853	F	N	I	T	-3	28	30	29	69,96	7	
2399	2023-06-21-2225-210842	V2225	CAF5	TiMon	A5476	2023.06.21 8:42	2023.06.21 9:42	Mexikói út M	Gubacsi út / Határ út	3	13400	58,38	48,53	9,85	20,92	37,46	2,796	0,013978	F	N	I	T	0	28	25	29	42,89	8	
2400	2023-06-21-2204-210844	V2204	CAF5	TiMon	6249	2023.06.21 8:44	2023.06.21 9:10	Határ út M	Pestszentlőrinc, Béke tér	50	7900	29,41	23,22	6,19	6,57	22,85	2,892	0,014461	F	N	I	T	-2	28	22	29	42,65	7	
2401	2023-06-21-2231-210848	V2231	CAF5	TiMon	A6438	2023.06.21 8:48	2023.06.21 9:01	Batthyány tér M+H	Móricz Zsigmond körtér M	19	3700	14,87	11,99	2,88	3,98	10,89	2,942	0,014711	F	IC	I	T	-2	26	22	29	43,96	13	
2402	2023-06-21-2214-210853	V2214	CAF5	TiMon	A7715	2023.06.21 8:53	2023.06.21 9:20	Pestszentlőrinc, Béke tér	Határ út M	50	7900	32,93	27,38	5,55	9,4	23,53	2,979	0,014894	F	N	I	T	-3	28	22	29	40,68	0	
2403	2023-06-21-2108-210900	V2108	CAF9	TiMon	3545	2023.06.21 9:00	2023.06.21 9:51	Bécsi út / Vörösvári út	Kelenföld vasútállomás M	1	18200	112,05	91,89	20,15	42,97	69,08	3,796	0,011002	F	N	I	T	-1	28	24	31	69,08	5	
2404	2023-06-21-2105-210900	V2105	CAF9	TiMon	1615	2023.06.21 9:00	2023.06.21 9:05	Kelenföld vasútállomás M	Etele út / Fehérvári út	1	1600	5,81	4,08	1,73	2,74	3,06	1,915	0,00555	F	C	I	T	0	27	24	31	69,03	5	
2405	2023-06-21-2235-210901	V2235	CAF5	TiMon	A4470	2023.06.21 9:01	2023.06.21 9:17	Bécsi út / Vörösvári út	Batthyány tér M+H	19	5000	18,73	15,09	3,64	7,42	11,31	2,262	0,011309	F	C	I	T	-2	26	23	31	46	22	
2406	2023-06-21-2105-210905	V2105	CAF9	TiMon	1615	2023.06.21 9:05	2023.06.21 9:08	Etele út / Fehérvári út	Etele út / Fehérvári út	1	166	4,28	3,36	0,91	1,34	2,94	17,683	0,051256	FG	G	I	T	0	27	24	31	71,85	12	

# Feldolgozott nyers adatok felhasználása

- Excel cellában megadott mérésazonosító
- Adatbázisban táblát generáló függvény
- Diagram rajzolás csak a paraméterben megadott menetről

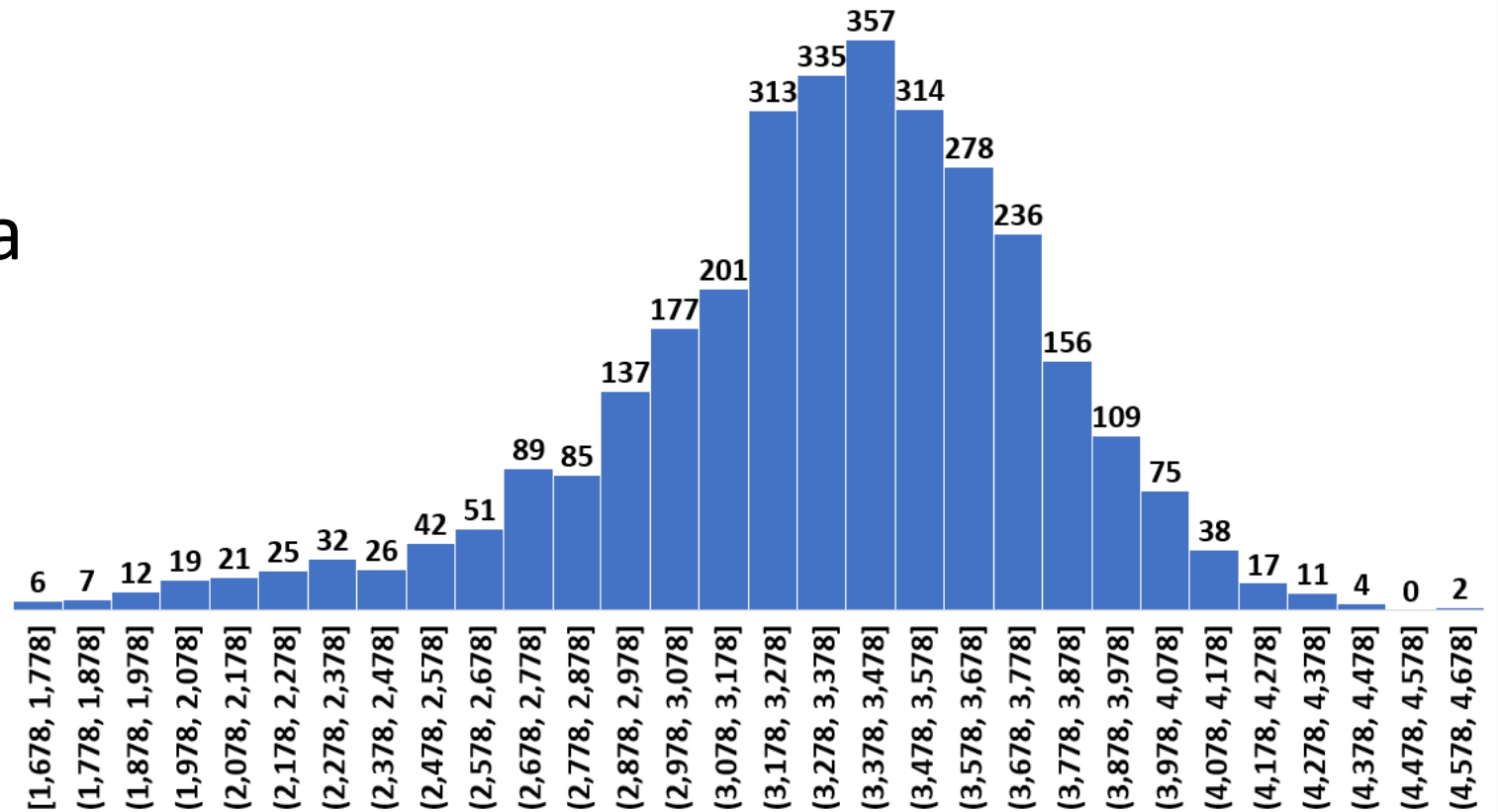


# Adatmátrix feldolgozása

Felvett fajlagos vontatási villamosmunka MENETENKÉNT (kWh/km), 19-es viszonylat, CAF5  
2024. április

(33 járművezető (30-nál több menettel), 3175 menet, átlag 3,335 kWh/km)

- Járművezetők motiválása
- Takarékos vezetéstechnika használata
- Gördülő várakozás
- Kifuttatás



# Adatmennységek

- DCMTE adatsor: **920 598**
  - 9 jármű, 847 járművezető
- TiMon adatsor: **73 709 816**
  - 20 jármű, 623 járművezető
- Végleges DCMTE menetadatok száma: **11 330**
- Végleges TiMon menetadatok száma: **20 381**
- 19-es viszonylaton a mérésben résztvevők menetei: **3175**



# Köszönöm a figyelmet!

Vitéz Gergely

Járműfenntartási mérnök

III. Vontatási Szakszolgálat

vitezg@bkv.hu

