



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR
AUDI HUNGARIA
JÁRMŰMÉRNÖKI KAR

OTDK Dolgozat

Mellékletek

Kovács Zoltán

T4D4BW

**Járműmérnöki MSc
Villamos járműhajtások
I. évfolyam**

Konzulens: Prof. Dr. habil Lakatos István Ph.D.

2023

Tartalomjegyzék

1.	melléklet: Vezetőállás nyomásmérés.....	1
1.1.	Bevezetés	1
1.2.	A mérés előkészítése.....	1
1.3.	Mérési adatok kiértékelési módszerei.....	3
1.4.	Railjet, Taurus mozdony vezetőállás belső nyomásmérés.....	4
1.5.	Vectron mozdony vezetőállás belső nyomásmérés	12
1.6.	TRAXX mozdony vezetőállás belső nyomásmérés.....	23
1.7.	Nyomásmérés a 40-es vonalon, mérés alagútban	30
1.7.1	Mérés V43-as mozdonyon	31
1.7.2	Mérés TRAXX mozdonyon	34
1.8.	Összegzés.....	39
2.	melléklet: Diagramok	42
3.	melléklet: Magyarországon közlekedő, nyomástömör vezetőállású vasúti járművek klímarendszerének kialakítása.....	78
3.1	Bombardier TRAXX.....	78
3.2	SIEMENS Taurus	80
3.3	SIEMENS Vectron	82
3.4	Stadler FLIRT	85

1. melléklet: Vezetőállás nyomásmérés

1.1. Bevezetés

A vezérlőkocsi vezetőállásában a mozdonyvezető védelme, komfortérzetének növelésének érdekében nyomástömör teret kell kialakítani. A gyorsan változó külső nyomások káros hatásait szeretném csökkenteni a vezetőállásban. Célom, hogy a hirtelen és nagymértékben változó külső nyomások, amelyek nagy sebességgel való alagútba haladásnál, vagy két nagysebességű szerelvény találkozásánál kialakulnak, a tervezett rendszer mérsékelje, illetve a nyomás lefutását időben elnyújtsa.

A méréssorozatot azért volt fontos elvégezni, mivel nem áll rendelkezésemre megfelelő információ, a Faiveley pedig a saját érdekeinek védelme érdekében nem szolgáltat a rendszerével ellátott vezetőállás nyomásviszonyairól adatokat. Számomra a tervezés szempontjából fontos, hogy milyen szélsőséges túlnyomásokat hoz létre a rendszerük. Ezek az adatok elkerülhetetlenek a vezetőállás nyomástartó terének légkezelésének megtervezése érdekében. A méréssorozat lebonyolításának segítségére felkértem Hadas-Rapi Ádámot a Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar, Gépek Tervezése Tanszék egyetemi tanársegédjét.

A mérést előkészítette:	Hadas-Rapi Ádám; Kovács Zoltán
A mérőkört összeállította:	Hadas-Rapi Ádám
A méréssorozatot végrehajtotta:	Hadas-Rapi Ádám; Kovács Zoltán
Az adatok szűrését előkészítette:	Hadas-Rapi Ádám
Az adatokat kiértékelte:	Kovács Zoltán
A jegyzőkönyvet készítette:	Kovács Zoltán

1.2. A mérés előkészítése

A vezetőállás külső és belső nyomásméréséhez összeállított mérőkör a következő elemekből áll:

Az adatok gyűjtéséhez szükséges hardver oldalról egy mérési adatgyűjtő, mely a különböző szenzoroktól érkező jeleket képes befogadni, és tárolni.

Az adatgyűjtést egy Arduino Uno mikroszámítógép végezte, melyre analóg és digitális szenzorok jelei érkeztek.

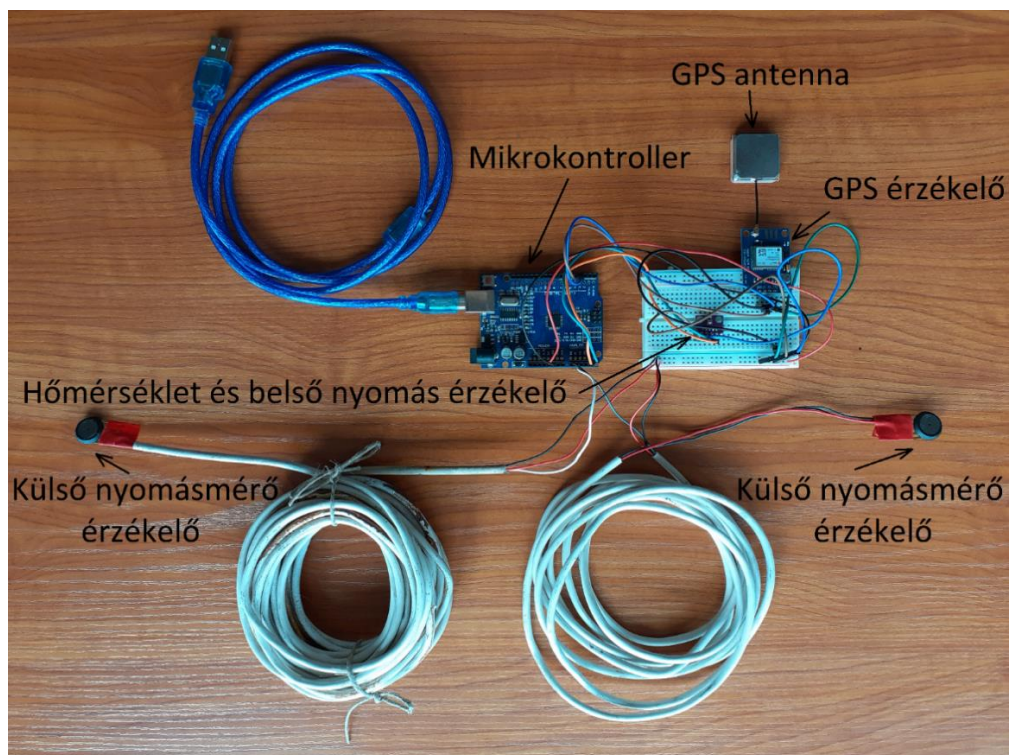
Ezeket egy előre megírt programkód [Arduino IDE 1.8.16] segítségével soros porton keresztül egy PC-re lettek küldve [HP Pavilion Gaming 15-dk0006nh].

A mérni kívánt mennyiségek meghatározásához érzékelőkre is szükség van.

A mozdony haladási sebességének rögzítésére egy GPS érzékelőt használtunk [GY-NEO8MV2]. A GPS adatok a pillanatnyi magasság meghatározására is szolgáltak, melynek segítségével a külső nyomás jellegének a változása nyomon követhető.

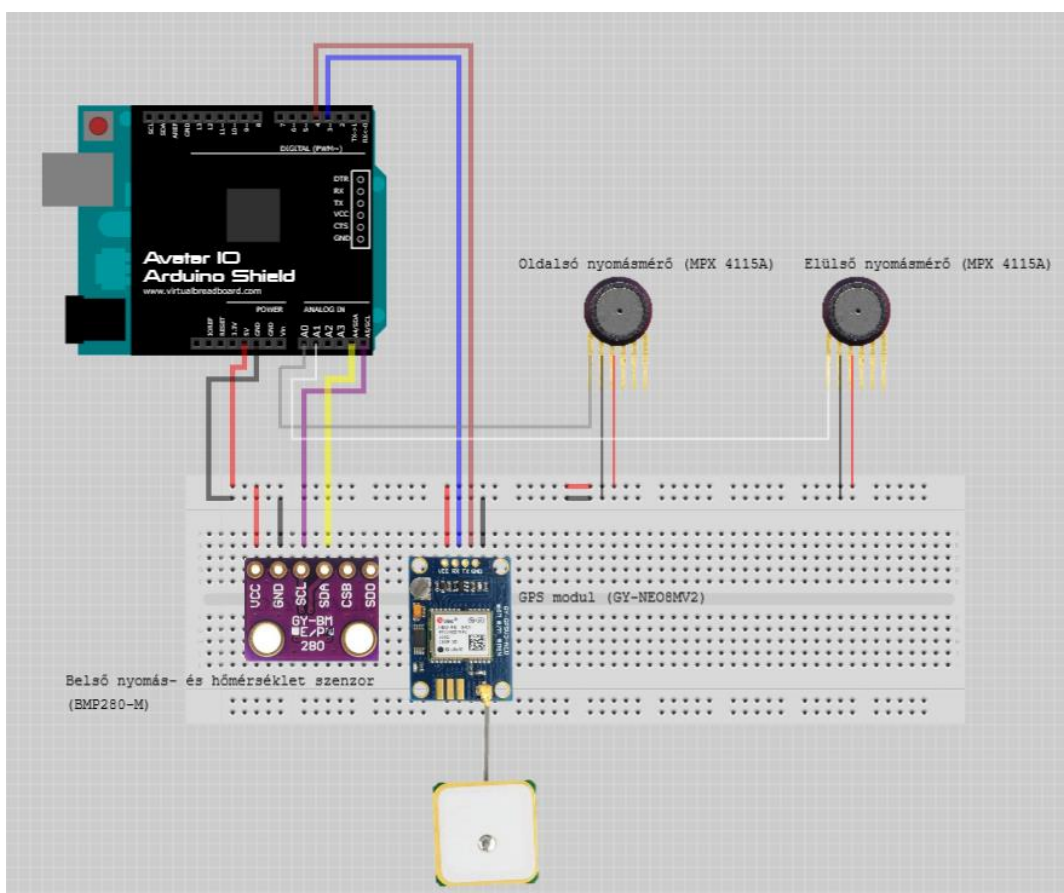
A külső nyomás érzékelésére két analóg nyomás szenzort vettünk igénybe [MPX 4115A].

A belső nyomás meghatározása egy nyomás és hőmérséklet érzékelővel történt [BMP280]. Az **1. melléklet 1. ábrán** láthatóak az összeállított mérőkör.



1. melléklet 1. ábra: Összeállított mérőkör elemei

A jobb áttekintés érdekében a mérőkör kapcsolása az **1. melléklet 2. ábrán** látható.



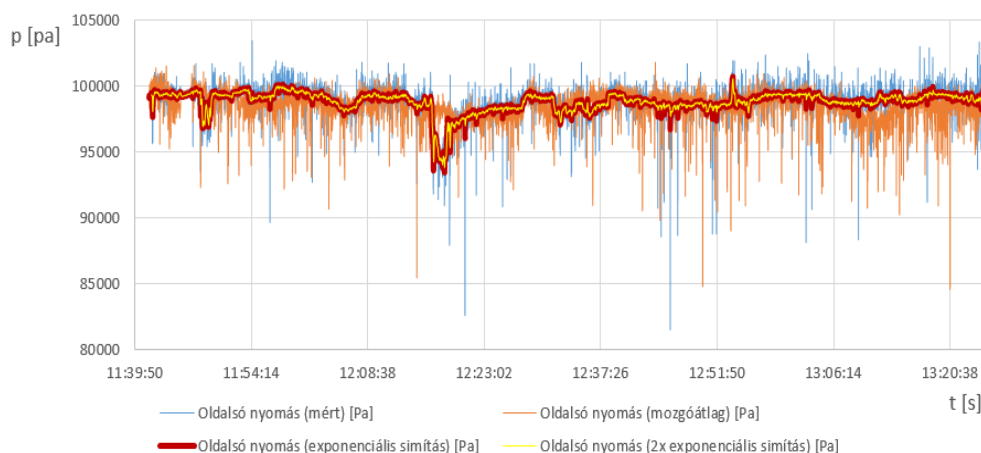
1. melléklet 2. ábra: Összeállított mérőkör bekötése

A mért értékeket másodpercenként többször (4-6 alkalommal) rögzíti a rendszer, így a hirtelen kialakuló nyomáscsúcsok is detektálhatóak lesznek. Az Arduino rendszer által gyűjtött adatokat Excel táblázatba átvihetők, ott lehet a kiértékelést elvégezni, különböző diagramok kirajzolásával. A gyűjtött adatok sűrűségéből következik, hogy igen nagymennyiségű adathalmazról beszélhetünk. Egy Budapest-Keleti – Pécs szakaszon több mint 50.000 soros táblázat keletkezik.

1.3. Mérési adatok kiértékelési módszerei

Az analóg szenzorok sajátosságából adódóan az érkező jelek nagyon „zajosak”, így az adatokat „tisztítani” szükséges. Az MS Excel rendelkezik alapvető időadatsor kezelő eszközökkel, így ennek segítségével a tisztítást könnyedén el lehet végezni. Az idősorok elemzésével foglalkozó szakirodalmak a 'mozgó átlag' és az 'exponenciális simítás' módszereket javasolja. Az előfeldolgozás során mind a két eljárást elvégeztük, annak érdekében, hogy ki lehessen választani az adatsorunkra legjobban illeszkedő módszert.

Az **1. melléklet 3. ábrán** kék színnel az eredeti mérési eredmények láthatóak, amik a várakozásoknak megfelelően nagyon zajosak lettek. Ezt először mozgó átlagolással próbáltuk meg tisztítani, melynek eredményét a narancssárga vonal jelöli. Erről még mindig megállapítható, hogy igen zajos, illetve sok helyen nem követi a kék görbe 'trendjét'. Az exponenciális simítás módszerével kapott eredményt a piros színű görbe szemlélteti. Látható, hogy ez már csekély mértékben tartalmaz hirtelen nagy kiugrásokat, így már alkalmas az adatok elemzésére. Még egy simítási műveletet is el lehet végezni, így még simább görbe lesz az eredmény (sárga vonal).



1. melléklet 3. ábra: Különböző módszerekkel szűrt mérési eredmények
{2. melléklet 5. ábra}

Látható, hogy a legcélravezetőbb módszer a kétszeresen elvégzett exponenciális simítás. Az adatok kiértékelése során ezt a módszert alkalmaztuk. Sajnálatos módon, a méréssorozat elején a GPS modul nem szolgáltatott magassági adatokat (ezt a későbbiekben kiküszöböltük), viszont ez szükséges információ arra nézve, hogy egy-egy nyomásváltozást (Δp) meg tudjunk határozni a klímaberendezés üzeméből és a környezeti változásokból fakadóan, a pályaszakaszon bekövetkezett magasságváltozás miatt. A magassági adatokat a GPS adatok felhasználásával a kiértékelés előtti fázisban határoztuk meg egy internetes adatbázis [[GPS Visualizer](#)] segítségével.

1.4. Railjet, Taurus mozdony vezetőállás belső nyomásmérés

A mérés [Budapest-Keleti – Hegyeshalom](#) szakaszon történt (64 RJX). A külső nyomásmérő szenzorok egyikét a szélvédő menetirány szerinti bal alsó sarkába, míg a másikat az oldalablak alá, kissé mögé helyeztük el. A szélvédőre helyezett szenzorral a szélvédőre ható nyomásokat mértük, míg az oldalsó részen elhelyezett érzékelővel a más járművek, műtárgyak mellett való elhaladáskor a kialakuló pozitív illetve negatív nyomásokat határoztuk meg. Az érzékelők elhelyezése az **1. melléklet 4. ábrán** látható. A villamos kábeleket, amiken a jelek érkeztek a szenzoroktól a mozdony oldalablakán keresztül lettek bevezetve a vezetőállásra. A vezetékek nem befolyásolták a vezetőállás nyomástömörségét.

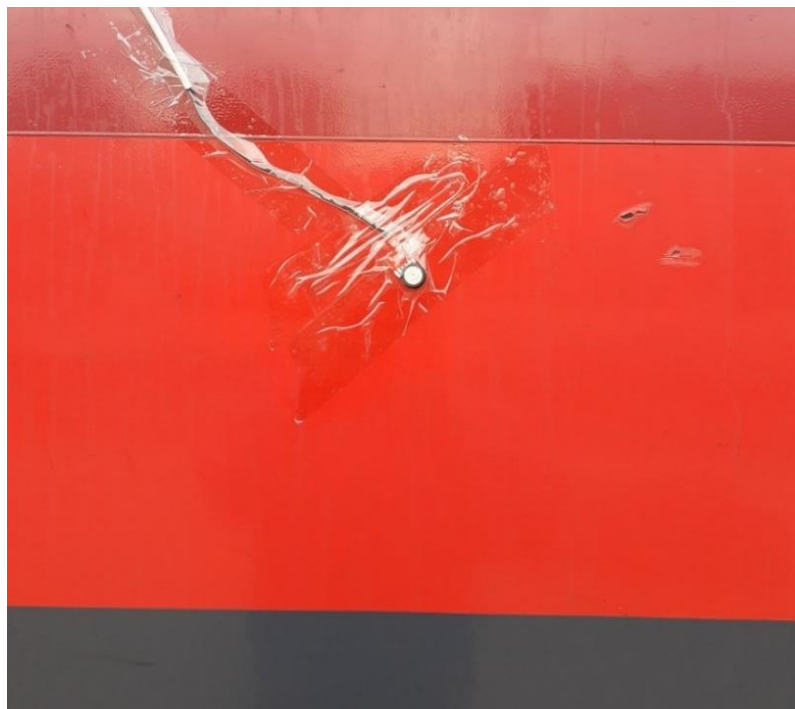


1. melléklet 4. ábra: A járművön elhelyezett érzékelők

A szélvédőre ragasztott szenzor az **1. melléklet 5. ábrán** látható, míg az oldalsó részre ragasztott érzékelő az **1. melléklet 6. ábrán** nézhető meg.



1. melléklet 5. ábra: A szélvédőn elhelyezett érzékelő



1. melléklet 6. ábra: A jármű oldalán elhelyezett érzékelő

Természetesen az érzékelők leragasztása után a ragasztószalag perforációja a szenzor érzékelő felületén megtörtént, ami a képekből nem egyértelműen derül ki. Az **1. melléklet 7. ábrán** a szélvédőre ragasztott érzékelő belülről, a vezetőállás felől látható.



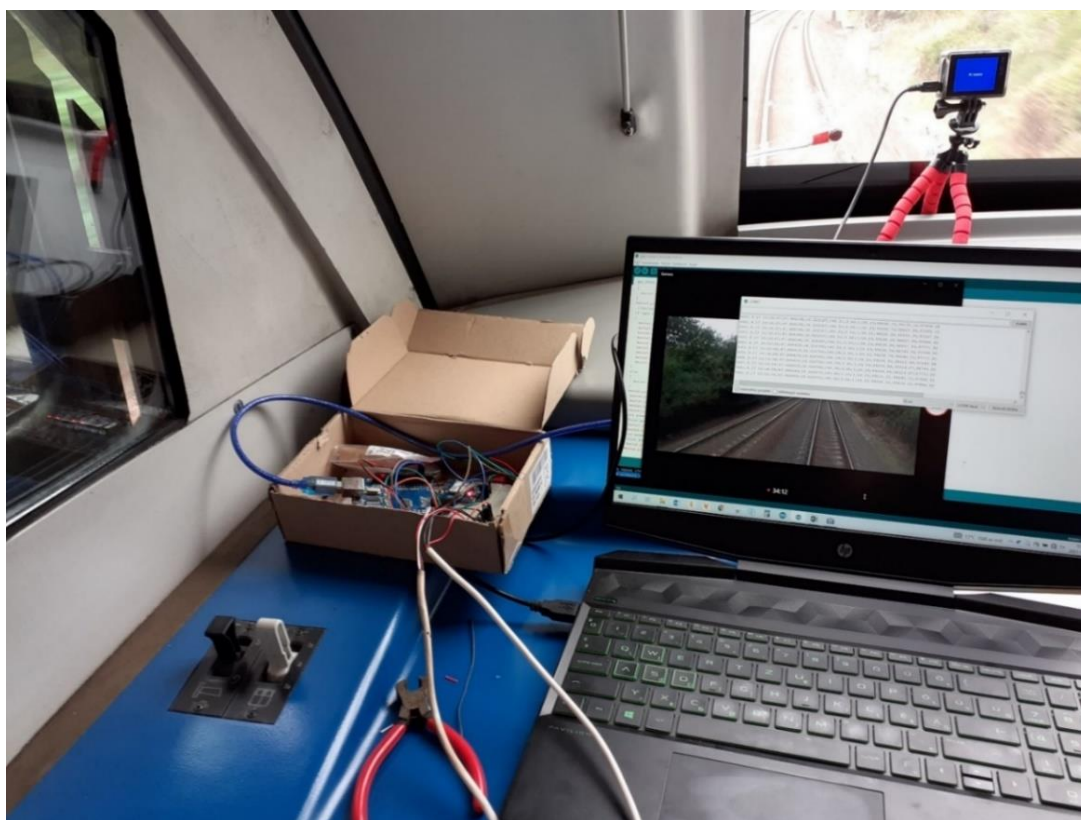
1. melléklet 7. ábra: A szélvédőre elhelyezett szenzor a vezetőállás felől fényképezve

A mérés folyamán a pályát kamerával rögzítettük, hogy a járműtalálkozásokat és a nyomásváltozásokat egyértelműen párosítani tudjuk. A videófelvétel menet közbeni rögzítésére kamerát használtuk [SJCAM 4000], amely mérés közben elhelyezve az **1. melléklet 8. ábrán** látható.



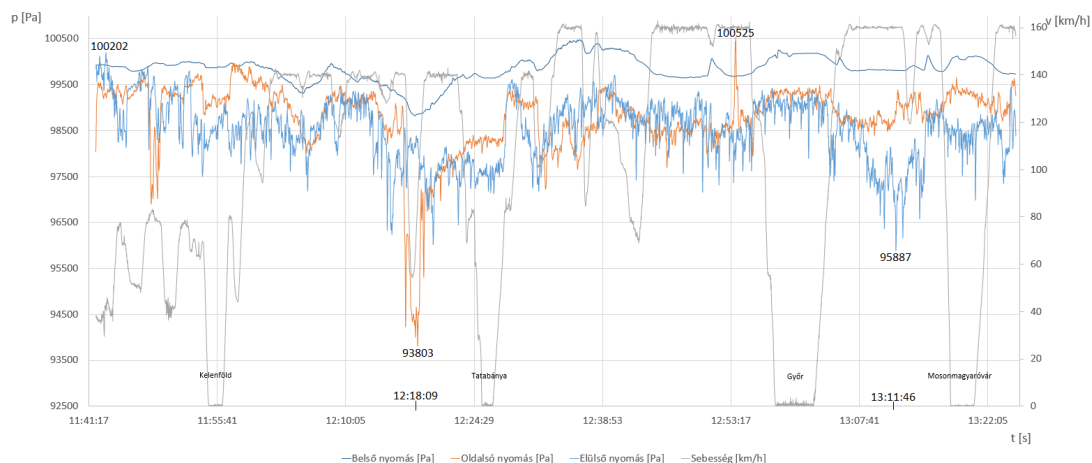
1. melléklet 8. ábra: A szélvédőhöz elhelyezett kamera

Az *1. melléklet 9. ábrán* a mérés közbeni adatgyűjtés látható a hordozható számítógépen.



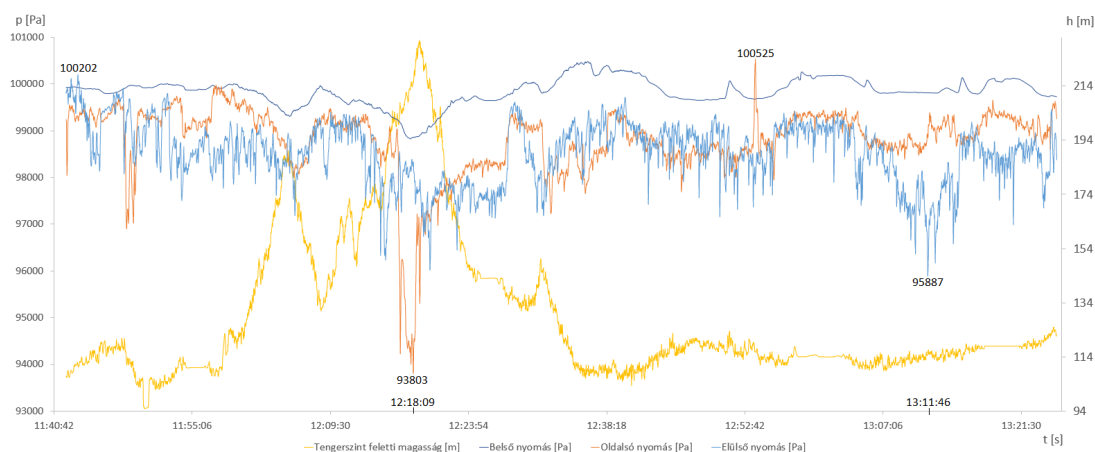
1. melléklet 9. ábra: Mérés közbeni adatgyűjtés

A mért adatokból készült diagram az *1. melléklet 10. ábrán* látható.



1. melléklet 10. ábra: Taurus mozdony mérési adatok megjelenítése diagramban {2. melléklet 6. ábra}

A nyomásadatok és a tengerszint feletti magasság megjelenítése az **1. melléklet 4. ábrán** látható.



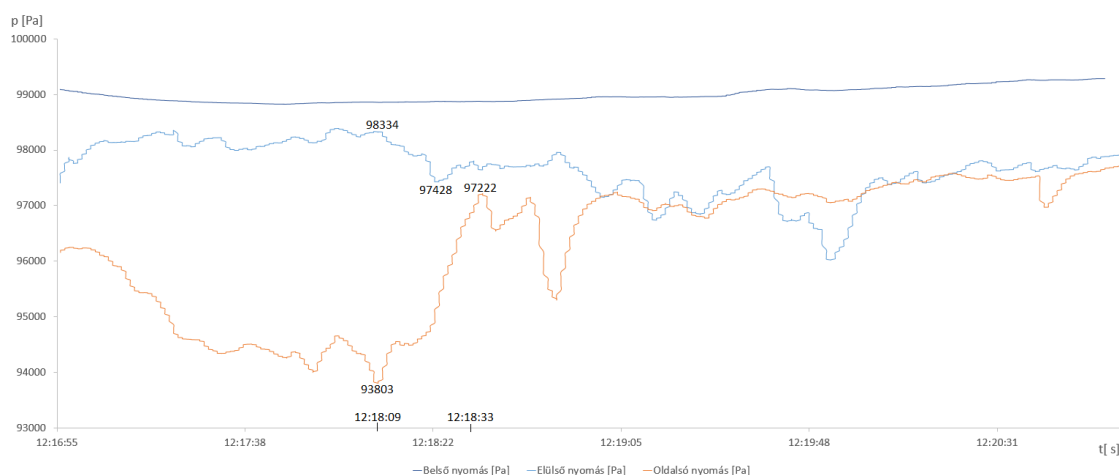
1. melléklet 11. ábra: A nyomásadatok és a tengerszint feletti magasság megjelenítése diagramban {2. melléklet 7. ábra}

A mérés során a szélsőséges nyomásértékekre voltunk kíváncsiak. Az egyik kiugró nyomásadatot Tatabánya állomás előtt mértük egy hirtelen fékezés során, egy lassújelnél. A mérés pillanata [12:18:09] az **1. melléklet 12. ábrán** tekinthető meg.



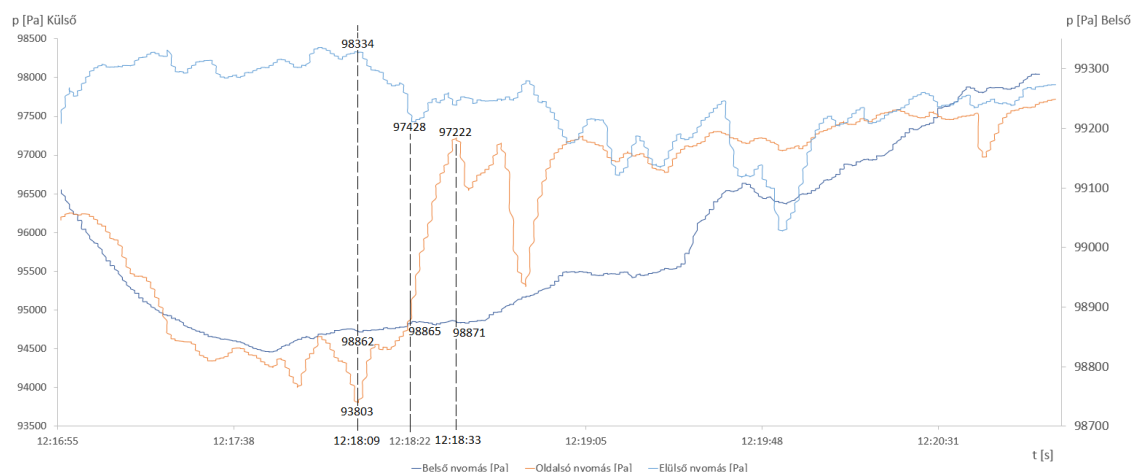
1. melléklet 12. ábra: Lassúmenet előjelzőnél történő fékezés

A mért adatokból készült szűkített idejű diagram az **1. melléklet 13. ábrán** látható.



1. melléklet 13. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban {2. melléklet 8. ábra}

A mért adatokból készült szűkített idejű, két nyomásléptékű diagram az **1. melléklet 14. ábrán** látható.



1. melléklet 14. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomásléptékű diagramban {2. melléklet 9. ábra}

Jól látható, hogy a fékezés pillanatában a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 98334 Pa nyomásérték volt, ami 13 s alatt lecsökkent 97428 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat 93803 Pa nyomás volt a fékezés előtt, ami 97222 Pa nyomásra nőtt 24 s alatt. A vezetőállás belső nyomása 24s alatt 98862Pa nyomásról 98871Pa nyomásra nőtt. Tehát elmondható, hogy a fékezés során 13 s alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás -906 Pa , illetve az oldalsó nyomásváltozás 24 s alatt 3419 Pa , a belső nyomásváltozás pedig 9 Pa volt. A tengerszint felett 215 m magasságban történt a fékezés. Tatabányán lehúztuk az ablakot, így ott meghatároztuk az aktuális légköri nyomást, ami 99645 Pa volt. Tatabánya állomás a koordináták alapján tengerszint felett 143 m magasan fekszik. A mérés helye és Tatabánya állomás szintkülönbsége 72 m . A külső hőmérsékletet 20°C -nak tekintjük.

$$p = \rho \cdot h \cdot g = 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 72\text{m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 851,11 \text{ Pa}$$

A szintkülönbség nyomáskülönbség értékét 851 Pa nyomásnak vesszük. Tehát a fékezés helyén a becsült légköri nyomásérték 98794 Pa ($99645 \text{ Pa} - 851 \text{ Pa}$). A fékezés során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -1366 Pa , míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -4991 Pa volt.

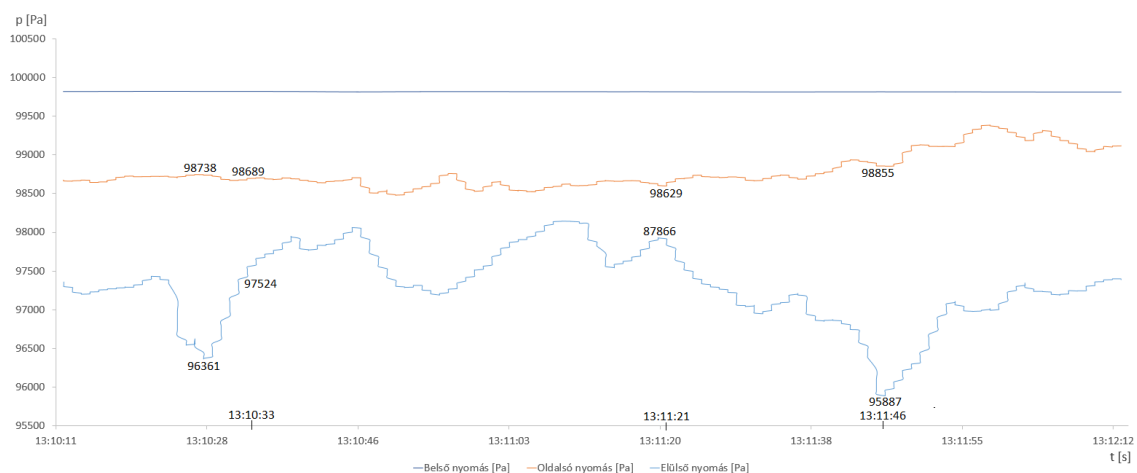
Egy másik kiugró nyomásadatot a mérés vége felé, Mosonmagyaróvár állomás előtt mértük egy tartályokat szállító tehervonat mellett való elhaladás után, majd az utána való $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességre való lassításkor.

Az elhaladás pillanata [13:10:28] az **1. melléklet 15. ábrán** tekinthető meg.



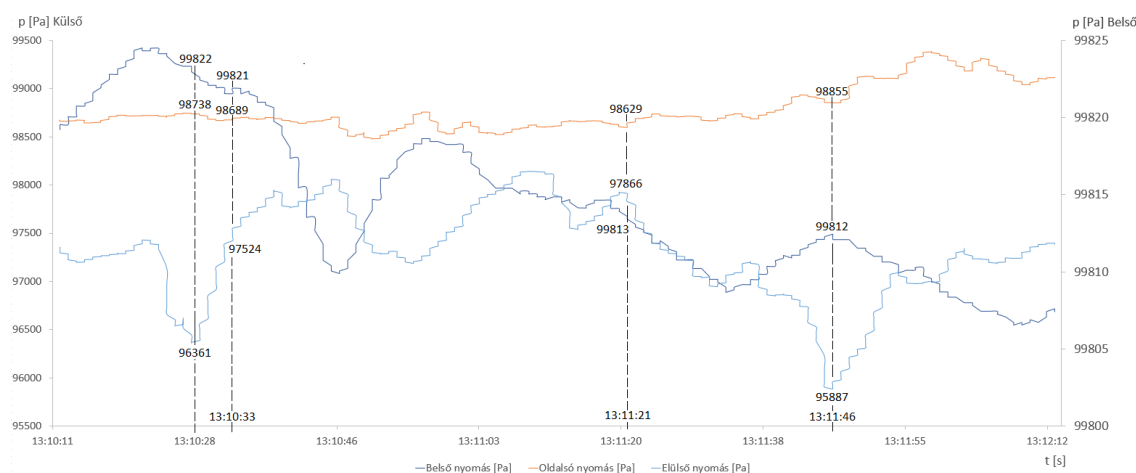
1. melléklet 15. ábra: Tehervonat melletti elhaladás

A mért adatokból készült diagram az **1. melléklet 16. ábrán** látható.



1. melléklet 16. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban
{2. melléklet 10. ábra}

A mért adatokból készült, szűkített idejű diagram az **1. melléklet 17. ábrán** látható.



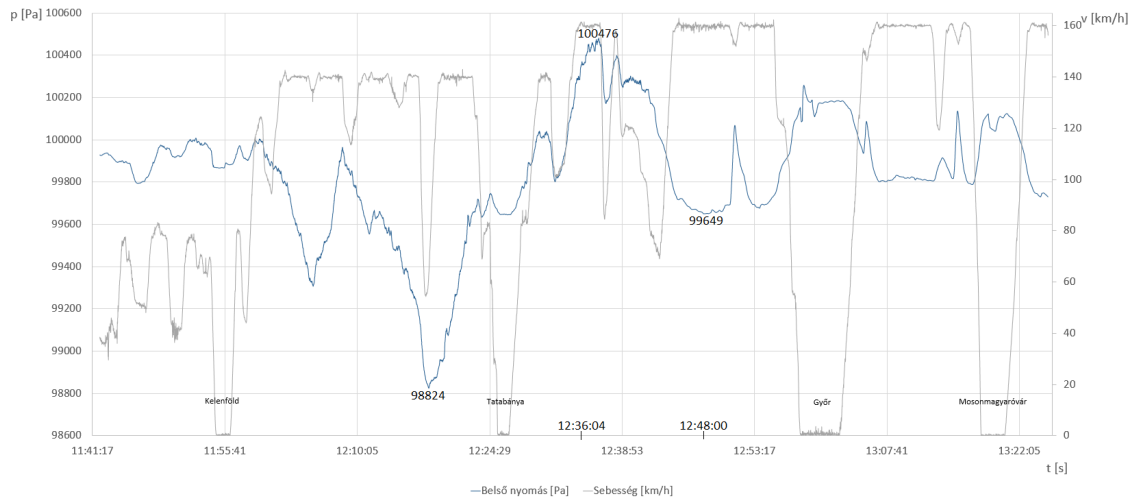
1. melléklet 17. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomásléptékű diagramban {2. melléklet 11. ábra}

Jól látható, hogy az elhaladás pillanatában a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 96361 Pa nyomásérték volt, ami 6 s alatt, amíg a szerelvény elhaladt mellettünk, megemelkedett 97524 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat 98738 Pa nyomás volt a találkozás előtt, ami 98689 Pa nyomásra csökkent. Tehát elmondható, hogy az elhaladás során 6 s alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás 1163 Pa , illetve az oldalsó nyomásváltozás -49 Pa volt.

A fékezés pillanatában a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 97866 Pa nyomásérték volt, ami 25 s alatt lecsökkent 95887 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat 98629 Pa nyomás volt a fékezés előtt, ami 98855 Pa nyomásra nőtt. Tehát elmondható, hogy a fékezés során 25 s alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás -1979 Pa , illetve az oldalsó nyomásváltozás 226 Pa volt. A vezetőállás nyomásváltozása mindkét esetben 1 Pa volt.

A tengerszint felett 114 m magasságban történt a találkozás. Győrben lehúztuk az ablakot, így ott meghatároztuk az aktuális légköri nyomást, ami 100129 Pa volt. Győr állomás a koordináták alapján tengerszint felett 114 m magasan fekszik. Tehát a fékezés helyén a becsült légköri nyomásérték ugyanakkora, mint Győr állomáson, azaz 100129 Pa . Az elhaladás során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -3768 Pa , míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -1440 Pa volt. A fékezés során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -4242 Pa , míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -1500 Pa volt.

Csak a belső nyomást vizsgálva az eredmények a következőképpen alakultak. A diagram az **1. melléklet 18. ábrán** látható.



1. melléklet 18. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek és sebesség megjelenítése diagramban {2. melléklet 12. ábra}

A túlnyomás védelmi rendszer ennél a mozdonynál kapcsolható, tehát kiiktatható. A mérés során Tatabányánál kapcsoltuk be a rendszert. Jól látható, hogy kikapcsolt rendszernél Tatabánya előtt 98824 Pa-os nyomásérték alakult ki a vezetőállásban $140 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességnél. Bekapcsolt rendszernél Tatabánya után 100476 Pa, illetve Győr előtt 99649 Pa értéket mértünk, pedig a sebesség ezen a szakaszon már $160 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ volt. Itt a viszonylagos hirtelen belső nyomásváltozás $11\text{perc } 56\text{ másodperc}$ alatt 827 Pa volt.

A Tatabánya előtti vezetőállásban mért nyomásadatot a lassújelnél való fékezéshez kötjük, így elmondható, hogy itt a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség a vezetőállásban 30 Pa (98824 Pa – 98794 Pa) volt.

A Tatabánya utáni nyomásértéket a tengerszint felett 108 m magasságban mértük. A mérés helye és Tatabánya állomás szintkülönbsége –35 m (108 m – 143 m). A külső hőmérsékletet 20°C -nak tekintjük.

$$p = \rho \cdot h \cdot g = 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 72\text{m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 413,73 \text{ Pa}$$

A szintkülönbség nyomáskülönbség értékét 414 Pa nyomásnak vesszük. Tehát a fékezés helyén a becsült légköri nyomásérték 100059 Pa (99645 Pa + 414 Pa). A vezetőállásban a Tatabánya utáni nyomásadat, a légköri nyomáshoz viszonyítva 420 Pa volt.

A diagramból kivehető, hogy bekapcsolt rendszernél a nyomásértékek jóval elnyújtottabban jönnek létre. Az is jól látható a diagram vizsgálatánál, hogy a vezetőállásban uralkodó nyomás a sebességgel együtt, de ellentétesen változik, növekvő sebességeknél csökkenő nyomások alakultak ki. Ez a jelenség további vizsgálatokat követel meg.

1.5. Vectron mozdony vezetőállás belső nyomásmérés

A mérés Sopron - Budapest-Keleti szakaszon történt (933 [LÖVÉR IC]). A külső nyomásmérő szenzorok egyikét a szélvédő menetirány szerinti bal alsó sarkába, míg a másikat az ajtó elé, az alsó részre helyeztük el. A szélvédőre helyezett szenzorral a szélvédőre ható nyomásokat mértük, míg az oldalsó részen elhelyezett érzékelővel a más járművek, műtárgyak mellett való elhaladáskor a kialakuló pozitív illetve negatív nyomásokat határoztuk meg. Az érzékelők elhelyezése az **1. melléklet 19. ábrán** látható. A villamos kábeleket, amiken a jelek érkeztek a szenzoroktól a mozdony ajtaja alatt lettek bevezetve a vezetőállásra. A vezetékek nem befolyásolták a vezetőállás nyomástömörségét.



1. melléklet 19. ábra: A járművön elhelyezett érzékelők

A szélvédőre ragasztott szenzor az **1. melléklet 20. ábrán** látható, míg az oldalsó részre ragasztott érzékelő az **1. melléklet 21. ábrán** nézhető meg.



1. melléklet 20. ábra: A szélvédőn elhelyezett érzékelő



1. melléklet 21. ábra: A jármű oldalán elhelyezett érzékelő

Természetesen az érzékelők leragasztása után a ragasztószalag perforációja a szenzor érzékelő felületén itt is megtörtént, ami a 11. fotóról egyértelműen látható. Az **1. melléklet 22. ábra** a szélvédőre ragasztott érzékelő belülről, a vezetőállás felől nézhető meg.



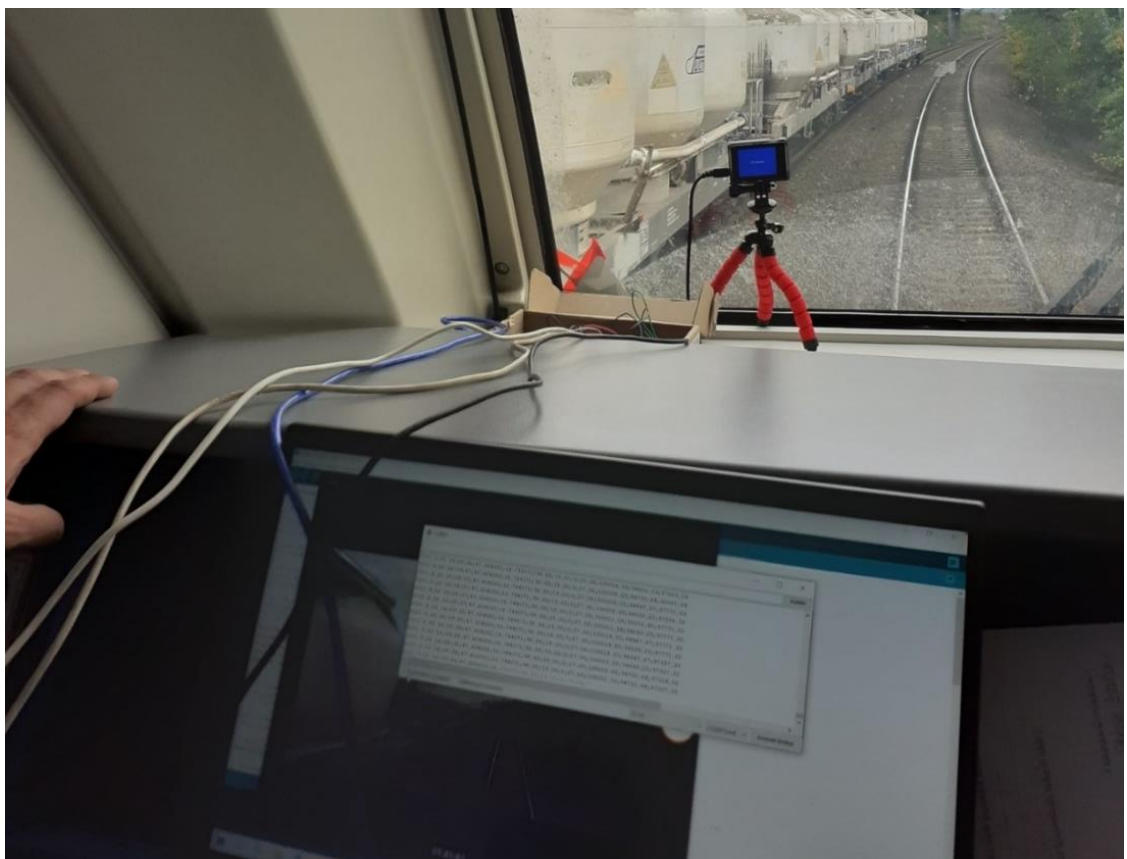
1. melléklet 22. ábra: A szélvédőre elhelyezett szenzor a vezetőállás felől fényképezve

A videófelvétel menet közbeni rögzítésére alkalmas kamera, mérés közben elhelyezve az **1. melléklet 23. ábrán** látható.



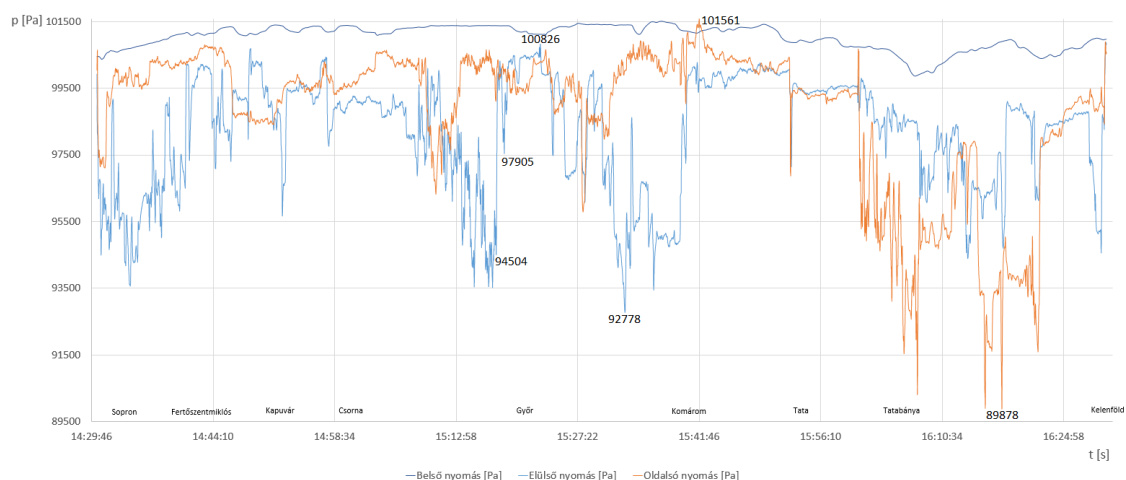
1. melléklet 23. ábra: A szélvédőhöz elhelyezett kamera

Az **1. melléklet 24. ábrán** a mérés közbeni adatgyűjtés látható a hordozható számítógépen.



1. melléklet 24. ábra: Mérés közbeni adatgyűjtés

A mért adatokból készült diagram az **1. melléklet 25. ábrán** látható.



1. melléklet 25. ábra: Vectron mozdony mérési adatok megjelenítése diagramban
{2. melléklet 13. ábra}

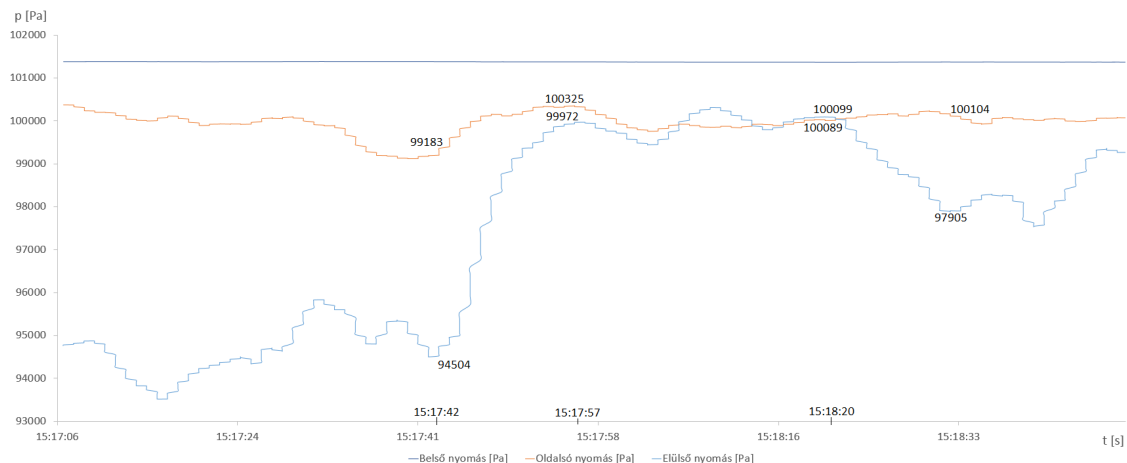
Sajnálatos módon a Vectron mozdony nagyon leárnyékolt, így a GPS jelet mérés közben elvesztette a rendszer, így a sebesség és a tengerszint feletti magasság adatokat nem tudtuk rögzíteni. Tapasztalataink alapján a GPS antennát az oldalablakhoz közel tartva a GPS jel kisebb valószínűséggel szakad meg.

A mérés során a szélsőséges nyomásértékekre voltunk kíváncsiak. Az egyik legjobban kiugró nyomásadatot Győr állomás előtt mértük a vasúti hídon való áthaladáskor és az utána való lassújelnél való fékezéskor. A vasúti felüljárón történő áthaladás pillanata [15:17:42] az **1. melléklet 26. ábrán** tekinthető meg.



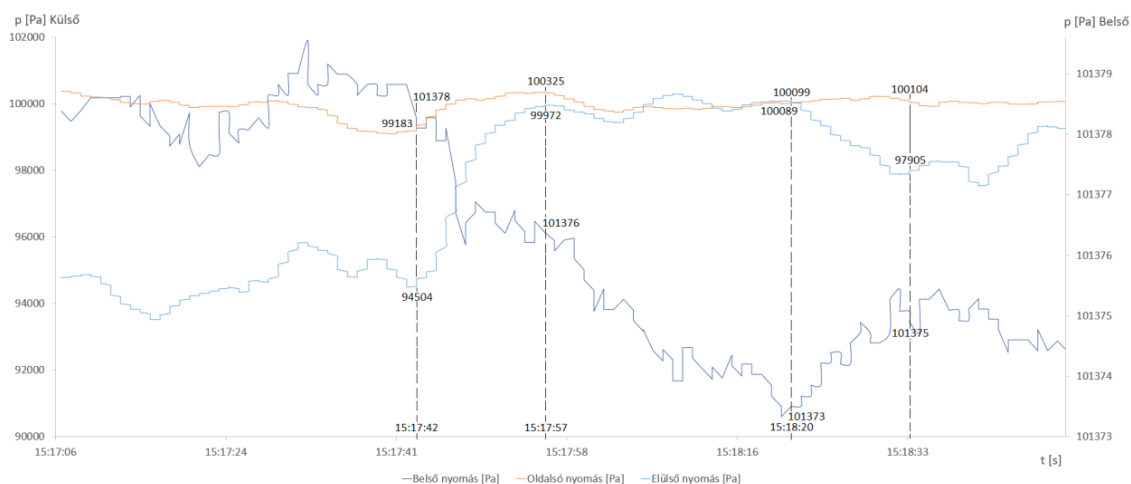
1. melléklet 26. ábra: Vasúti felüljárón való áthaladás

A mért adatokból készült szűkített idejű diagram az **1. melléklet 27. ábrán** látható.



1. melléklet 27. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban {2. melléklet 14. ábra}

A mért adatokból készült szűkített idejű, két nyomástengelyű diagram az **1. melléklet 28. ábrán** látható.



1. melléklet 28. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomástengelyű diagramban {2. melléklet 15. ábra}

Jól látható, hogy az áthaladás kezdetén a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 94504 Pa nyomásérték volt, ami 15 s alatt, amíg a szerelvény áthaladt a felüljárón, megemelkedett 99972 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat 99183 Pa nyomás volt a találkozás előtt, ami 100325 Pa nyomásra nőtt. A vezetőállás nyomása 101378 Pa nyomásról 101376 Pa nyomásra változott. Tehát elmondható, hogy az áthaladás során 15 s alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás 5468 Pa, az oldalsó nyomásváltozás 1142 Pa, illetve a vezetőállás nyomásváltozása 2 Pa volt.

A lassújelnél történő fékezés pillanata [15:18:20] az **1. melléklet 29. ábrán** tekinthető meg.



1. melléklet 29. ábra: Lassúmenet előjelzőnél történő fékezés

A fékezés megkezdésénél a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 100099 Pa nyomásérték volt, ami 13s alatt, amíg a szerelvény fékezett, lecsökkent 97905 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat 100089 Pa nyomás volt a fékezés megkezdése előtt, ami 10104 Pa nyomásra nőtt. A vezetőállás nyomása 101373Pa nyomásról 101375Pa nyomásra nőtt. Tehát elmondható, hogy az áthaladás során 13 s alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás $-2184 Pa$, illetve az oldalsó nyomásváltozás $5 Pa$, a vezetőállás nyomásváltozása pedig $2 Pa$ volt. Győr állomás a koordináták alapján tengerszint felett 114 m magasan fekszik. Győr állomáson a légköri nyomást a két külső szenzor által mért nyomás átlagaként határoztuk meg.

$$p_{\text{körny.}} = \frac{100415 Pa + 99350 Pa}{2} = 99882 Pa$$

Az áthaladás során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség $-5378 Pa$, míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség $-699 Pa$ volt. A fékezés során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség $-1977 Pa$, míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség $222 Pa$ volt.

Egy másik kiugró nyomás adatokat tartalmazó mérési időszak Tatabánya állomás után következett be. A kiemelt mérési időszak első eleme egy megállj jelzés várható jelző környezetében a fékezés volt. A fékezés megkezdésének pillanata [16:06:16] az **1. melléklet 30. ábrán** tekinthető meg.



1. melléklet 30. ábra: *Megállj jelzés várható jelző mellett való elhaladás*

A kiemelt mérési időszak második eleme egy lassú jel környezetében a fékezés volt. A fékezés megkezdésének pillanata [16:09:02] az **1. melléklet 31. ábrán** tekinthető meg.



1. melléklet 31. ábra: *Lassú jel mellett való elhaladás*

A kiemelt mérési időszak harmadik eleme egy cementszállító mellett való elhaladás volt. Az elhaladás pillanata [16:09:44] az **1. melléklet 32. ábrán** tekinthető meg.

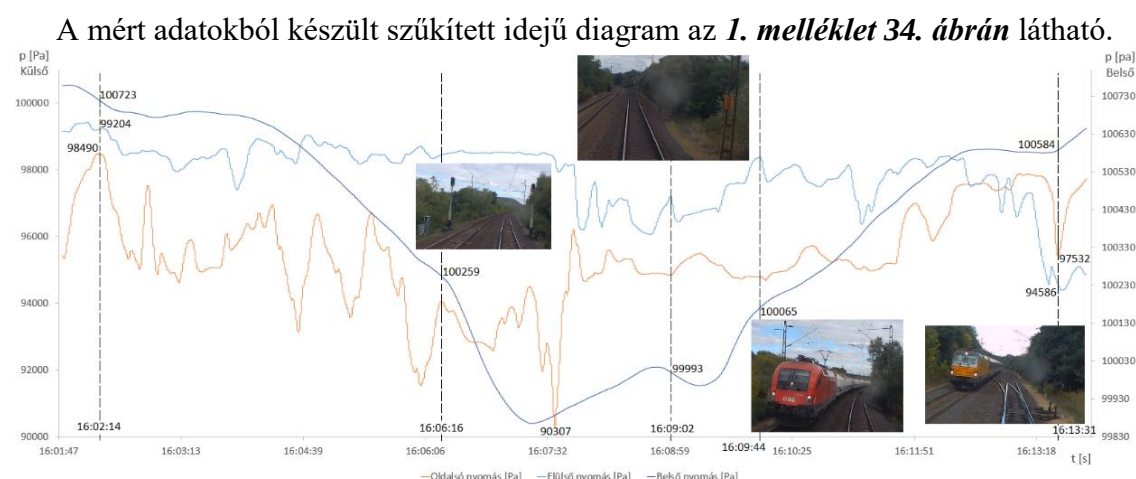


1. melléklet 32. ábra: *Cementszállítóval való találkozás*

A kiemelt mérési időszak negyedik eleme a RegioJet vonata mellett való elhaladás volt. Az elhaladás pillanata [16:13:31] az **1. melléklet 33. ábrán** tekinthető meg.



1. melléklet 33. ábra: Intercity szerelvénnel való találkozás



1. melléklet 34. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban
{2. melléklet 16. ábra}

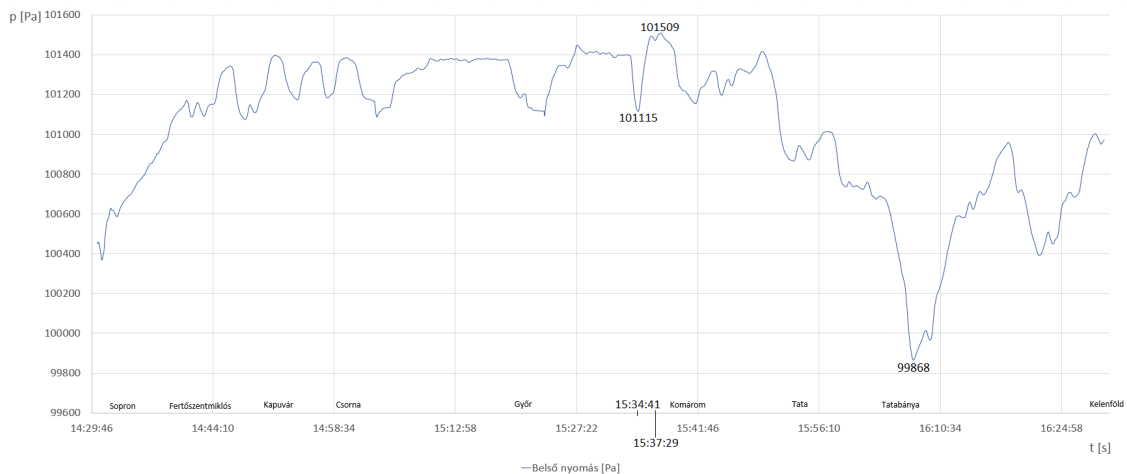
A kiemelt mérési időszak kezdetén a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 99204 Pa nyomásérték volt, ami 11 perc 17 másodperc alatt lecsökkent 94586 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat a kiemelt mérési időszak kezdetén 98490 Pa nyomás volt, ami 6 perc 48 másodperc alatt 90307 Pa-os nyomásra csökkent, majd további 4 perc 29 másodperc alatt 97532 Pa nyomásra nőtt. A vezetőállás nyomása 11 perc 17 másodperc alatt 100723 Pa nyomásról 100584 Pa nyomásra változott. Tehát elmondható, hogy a vizsgált tartományban 11 perc 17 másodperc alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás -4618 Pa , a vezetőállás nyomásváltozása 139 Pa , illetve az oldalsó nyomásváltozás 6 perc 48 másodperc alatt -8183 Pa volt. Tatabánya állomás a koordináták alapján tengerszint felett 143 m magasan fekszik. Tatabánya állomáson a légköri nyomást a két külső szenzor által mért nyomás átlagaként határoztuk meg.

$$p_{\text{köny.}} = \frac{99550 \text{ Pa} + 99297 \text{ Pa}}{2} = 99423 \text{ Pa}$$

A vizsgált tartományban a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -4837 Pa , míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -9116 Pa volt.

Az egész mérés során a legnagyobb szélvédőnél mért légköri nyomás alatti értéket Komárom előtt mértük, ez az érték 92778 Pa volt, így a mérés során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -7014 Pa ($99882 - 92778$) volt. Az egész mérés során a legnagyobb oldalsó részen mért légköri nyomás alatti értéket Tatabánya után mértük, ez az érték 89878 Pa volt, így a mérés során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -10446 Pa ($100324 - 89878$) volt.

Csak a belső nyomást vizsgálva az eredmények a következőképpen alakultak. A diagram az **1. melléklet 35. ábrán** látható.



1. melléklet 35. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek megjelenítése diagramban
{2. melléklet 17. ábra}

A mérésből mindenesetre kiderült, hogy ténylegesen túlnyomásos rendszerről beszélhetünk. A mért legmagasabb vezetőállás túlnyomás 101509 Pa volt, amelyet Komárom előtt mértük, itt a viszonylagos hirtelen belső nyomásváltozás $2 \text{ perc } 48 \text{ másodperc}$ alatt 394 Pa volt. Komárom állomáson a légköri nyomást a két külső szenzor által mért nyomás átlagaként határoztuk meg.

$$p_{\text{köny.}} = \frac{100767 \text{ Pa} + 99881 \text{ Pa}}{2} = 100324 \text{ Pa}$$

Így elmondható, hogy a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség 1185 Pa volt.

A mérést a GPS adatok hiánya miatt megismételtük. Egy hosszabb egész napos méréssorozatot végeztünk egy Vectron mozdonnyal, 2021.11.03.-án szerdán.

919 SAVARIA IC (Szentgotthárd - Budapest-Keleti)

Felszálltunk: 05:52; Szombathely

Leszálltunk: 08:28; Budapest-Keleti

934 LŐVÉR IC (- Sopron)

Felszálltunk: 11:10; Budapest-Keleti

Leszálltunk: 13:38; Sopron

933 LŐVÉR IC (- Budapest-Keleti)

Felszálltunk: 14:21; Sopron

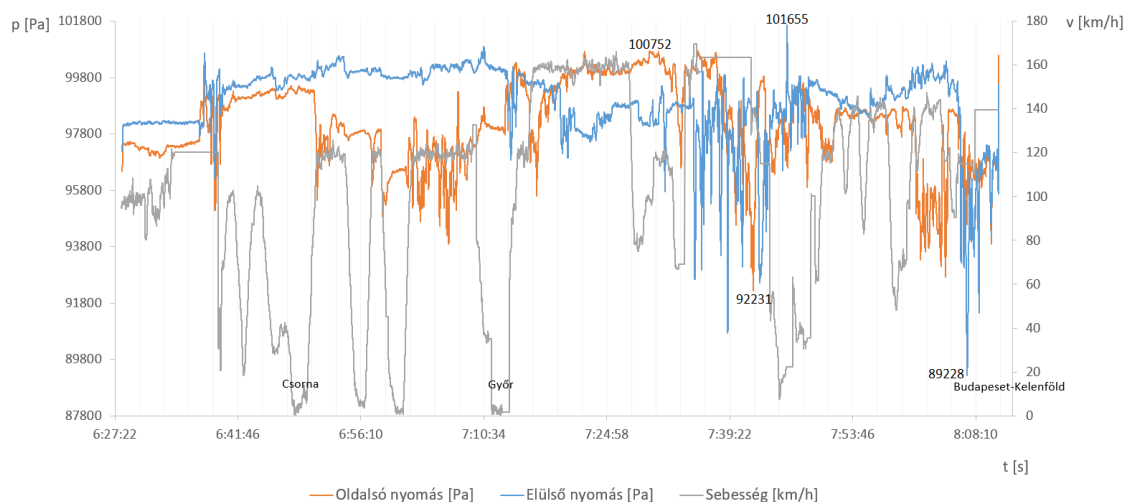
Leszálltunk: 16:49; Budapest-Keleti

318 RÁBA nemzetközi IC (- Graz Hbf)

Felszálltunk: 18:10; Budapest-Keleti

Leszálltunk: 20:49; Szombathely

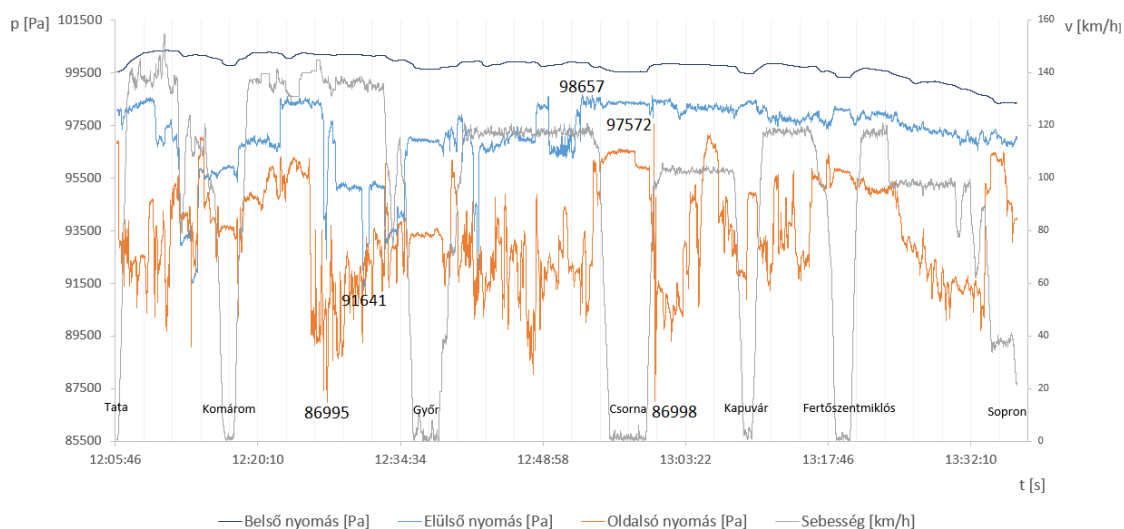
Sajnos, nem volt túl nagy szerencsénk, a technika megint közbeszólt. A GPS jelünk dél körül újra elveszett, nem is tudtuk újra behozni a nap további részében. Szerencsére túlbiztosítva terveztük ezt a napot, ezért a hosszú mérés mégiscsak eredménnyel kecsegtetett. A SAVARIA IC-n mért adatokból készült diagram az **1. melléklet 36. ábrán** látható. Ennél a mérésnél a belső nyomásmérő szenzor teljesen rossz értékeket mért, így ezeket az adatokat a diagramban nem tüntetem fel.



1. melléklet 36. ábra: Mérési adatok megjelenítése diagramban
{2. melléklet 18. ábra}

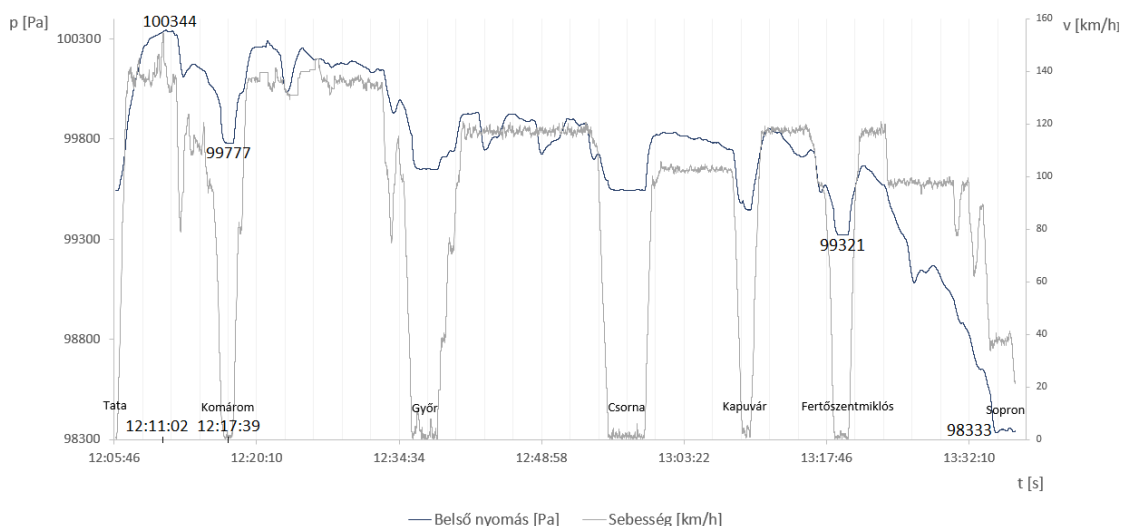
A legjobban kiugró oldalsó nyomásérték 92231Pa, a legjobban kiugró elülső nyomásérték 89228Pa volt.

A LŐVÉR IC-n mért adatokból készült diagramok az **1. melléklet 37.-38. ábrákon** láthatóak.



1. melléklet 37. ábra: Mérési adatok megjelenítése diagramban
{2. melléklet 19. ábra}

A legjobban kiugró oldalsó nyomásérték 86998Pa, a legjobban kiugró elülső nyomásérték 91641Pa volt.



1. melléklet 38. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek megjelenítése diagramban
{2. melléklet 20. ábra}

A mért legmagasabb vezetőállás túlnyomás 100344Pa volt, amelyet Komárom előtt mértük, itt a viszonylagos hirtelen belső nyomásváltozás 6perc 37 másodperc alatt 576Pa volt.

A mérési körünk gyengeségét felismerve a GPS antennát egy nagyobb érzékenyséű mágneses rögzíthetőségűre cseréltük, amit a melléklet 1.7-es pontjában leírtak alapján sikeresen ki is próbáltunk.

1.6. TRAXX mozdony vezetőállás belső nyomásmérés

A mérés [Hegyeshalom - Budapest-Keleti](#) szakaszon történt (147 [LEHÁR EC]). A külső nyomásmérő szenzorok egyikét a szélvédő menetirány szerinti bal alsó sarkába, míg a másikat az az ajtó elé, az alsó részre helyeztük el. A szélvédőre helyezett szenzorral a szélvédőre ható nyomásokat mértük, míg az oldalsó részen elhelyezett érzékelővel a más járművek, műtárgyak mellett való elhaladáskor a kialakuló pozitív illetve negatív nyomásokat határoztuk meg. Az érzékelők elhelyezése az **1. melléklet 39. ábrán** látható.

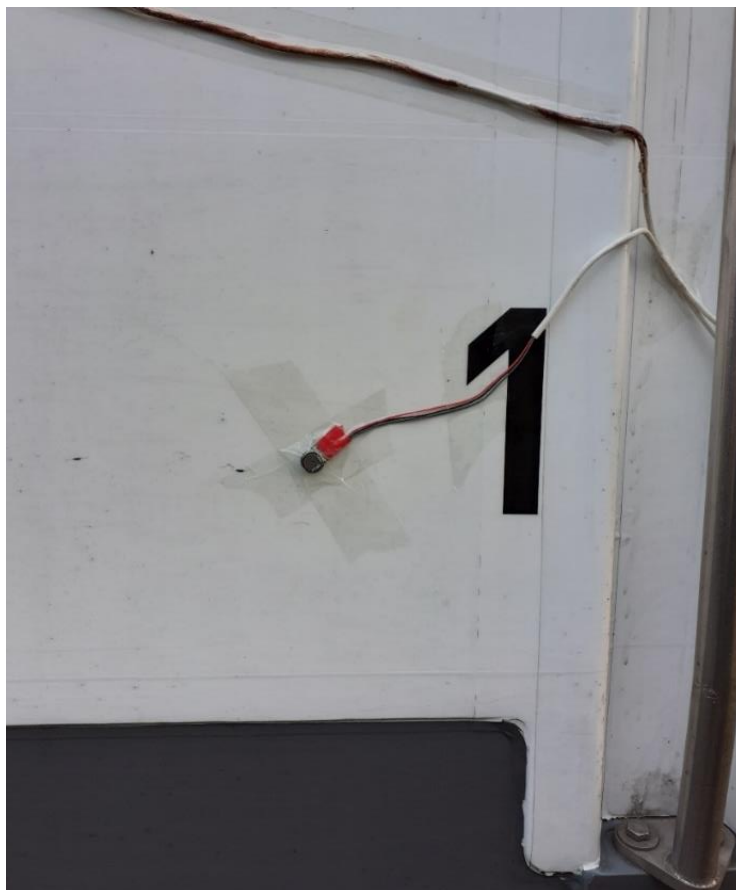


1. melléklet 39. ábra: A járművön elhelyezett érzékelők

A szélvédőre ragasztott szenzor az **1. melléklet 40. fotón** látható, míg az oldalsó részre ragasztott érzékelő az **1. melléklet 41. fotón** nézhető meg.



1. melléklet 40. fotó: A szélvédőn elhelyezett érzékelő



1. melléklet 41. fotó: A jármű oldalán elhelyezett érzékelő

Természetesen az érzékelők leragasztása után a ragasztószalag perforációja a szenzor, érzékelő felületén, ezeknél a jeladóknál is megtörtént. Az **1. melléklet 42. ábrán** a szélvédőre ragasztott érzékelő belülről, a vezetőállás felől látható. A szenzorok jelkábele a vezetőállás oldalajtója alatt lettek bevezetve, ügyelve arra, hogy a vezetőállás tömörségét ne befolyásoljuk.



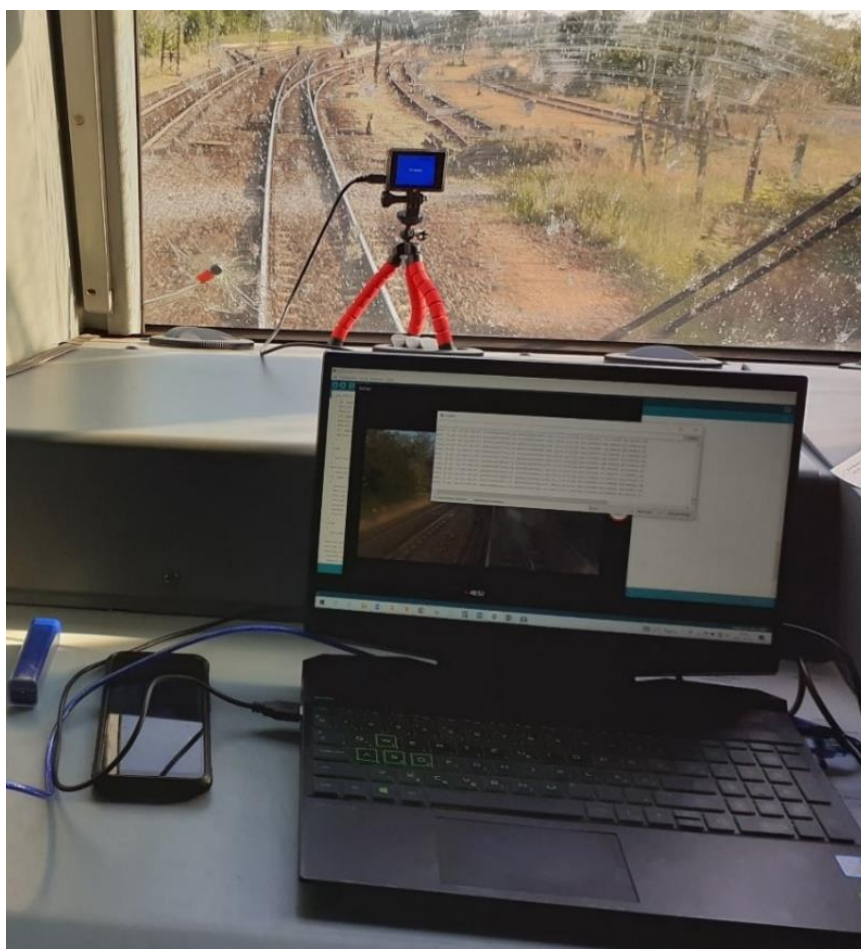
1. melléklet 42. ábra: A szélvédőre elhelyezett szenzor a vezetőállás felől fényképezve

A videófelvétel menet közbeni rögzítésére alkalmas kamera mérés közben elhelyezve az **1. melléklet 43. ábrán** látható.



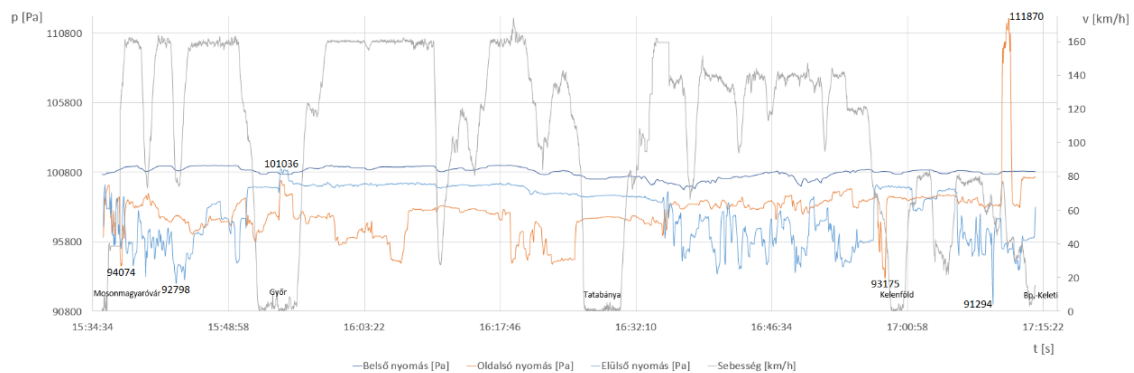
1. melléklet 43. ábra: A szélvédőhöz elhelyezett kamera

Az *1. melléklet 44. ábrán* a mérés közbeni adatgyűjtés látható a hordozható számítógépen.



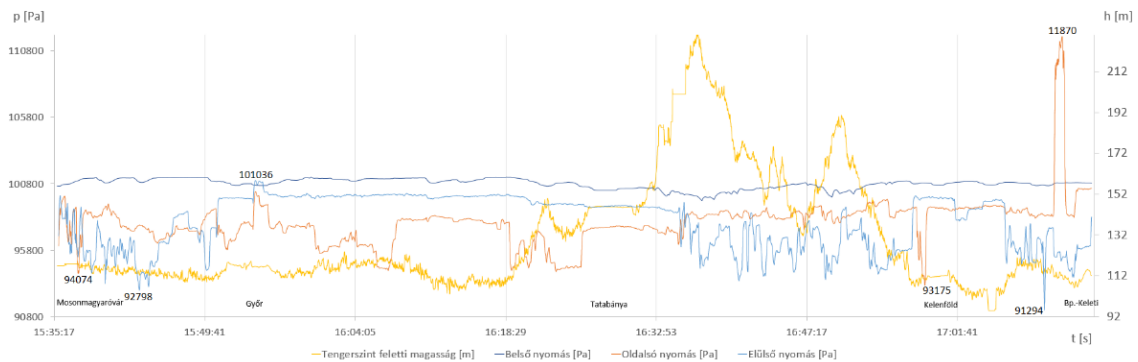
1. melléklet 44. ábra: Mérés közbeni adatgyűjtés

A mért adatokból készült diagram az **1. melléklet 45. ábrán** látható.



1. melléklet 45. ábra: TRAXX mozdony mérési adatok megjelenítése diagramban {2. melléklet 21. ábra}

A nyomásadatok és a tengerszint feletti magasság megjelenítése az **1. melléklet 46. ábrán** látható.



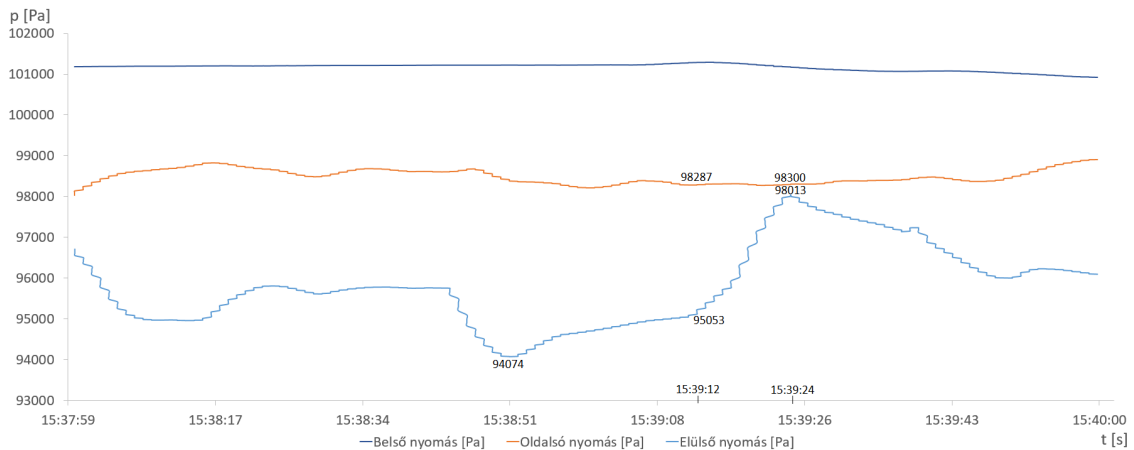
1. melléklet 46. ábra: A nyomásadatok és a tengerszint feletti magasság megjelenítése diagramban {2. melléklet 22. ábra}

A mérés során a szélsőséges nyomásértékekre voltunk kíváncsiak. Egy kiugró nyomásadatsor közben mutatunk be egy nyomásváltozást a mérés elején. A nyomásváltozást Mosonmagyaróvár állomás után mértük egy konténereket szállító tehervonat elhaladásakor. Az elhaladás pillanata [15:39:12] az **1. melléklet 47. ábrán** tekinthető meg.



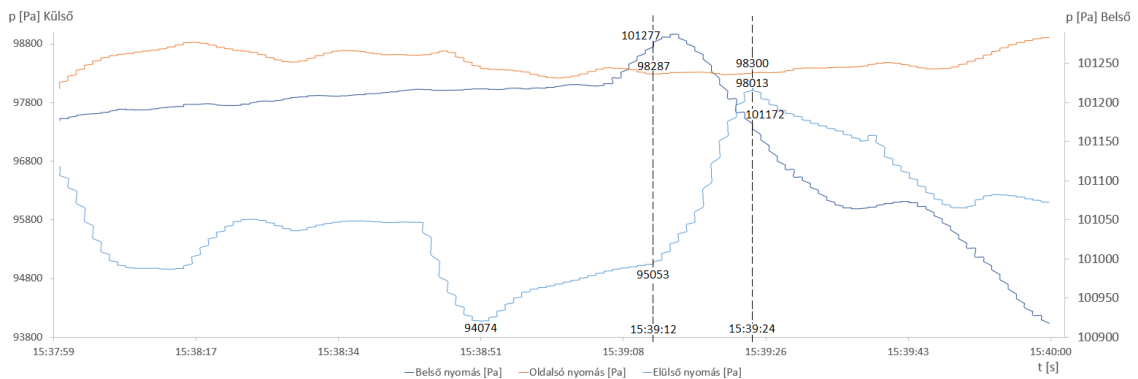
1. melléklet 47. ábra: Tehervonat melletti elhaladás

A mért adatokból készült szűkített idejű diagram az **1. melléklet 48. ábrán** látható.



1. melléklet 48. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban
{2. melléklet 23. ábra}

A mért adatokból készült szűkített idejű, két nyomásléptékű diagram az **1. melléklet 49. ábrán** látható.



1. melléklet 49. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomásléptékű diagramban {2. melléklet 24. ábra}

A találkozás pillanatában a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 95053 Pa nyomásérték volt, ami 12s alatt, amíg a szerelvény fékezett, lecsökkent 98013 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat 98287 Pa nyomás volt az elhaladás előtt, ami 98300 Pa nyomásra nőtt. A vezetőállásban a nyomás 101277Pa nyomásról 101172Pa nyomásra csökkent. Tehát elmondható, hogy az egymás melletti elhaladás során 12 s alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás 2960 Pa, illetve az oldalsó nyomásváltozás 13 Pa, a belső nyomásváltozás pedig 105Pa volt. Mosonmagyaróvár állomás a koordináták alapján tengerszint felett 118 m magasan fekszik. Mosonmagyaróvár állomáson a légköri nyomást a két külső szenzor által mért nyomás átlagaként határoztuk meg.

$$p_{\text{köny.}} = \frac{99784 \text{ Pa} + 98161 \text{ Pa}}{2} = 98972 \text{ Pa}$$

A fékezés során a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -3919 Pa , míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -685 Pa volt.

Két másik kiugró nyomásadatot a mérés végén, Budapest-Keleti állomás előtt mértük. Az elsőt egy villamos felüljáró alatti áthaladásnál. A mérés pillanata [17:10:01] az **1. melléklet 50. ábrán** tekinthető meg.



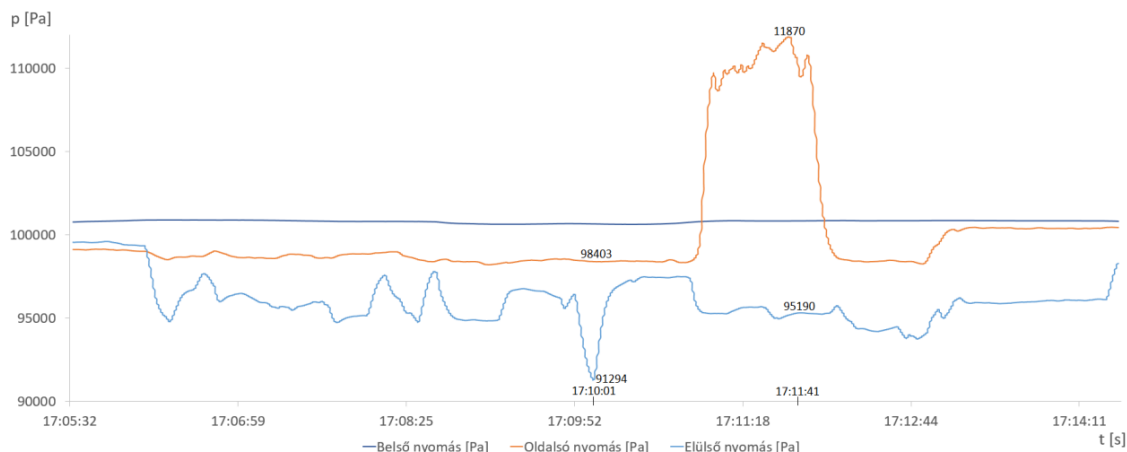
1. melléklet 50. ábra: Villamos felüljáró alatti elhaladás

A második kiugró, a légköri nyomás feletti értéket a Hungária körút felett való áthaladásnál, a nyitott térben, oldalszélben mértük. A mérés pillanata [17:11:41] az **1. melléklet 51. ábrán** tekinthető meg.



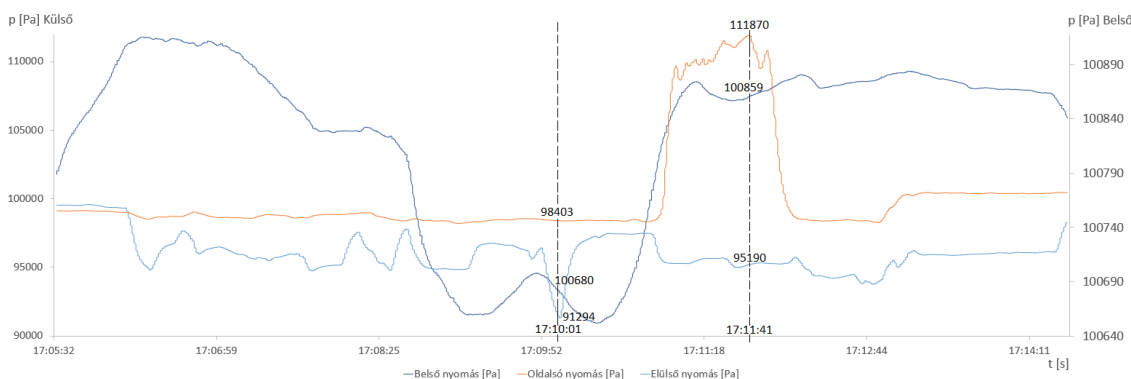
1. melléklet 51. ábra: Felüljárón való elhaladás oldalszélben

A mért adatokból készült szűkített idejű diagram az **1. melléklet 52. ábrán** látható.



1. melléklet 52. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban {2. melléklet 25. ábra}

A mért adatokból készült szűkített idejű, két nyomástengelyű diagram az **1. melléklet 53. ábrán** látható.

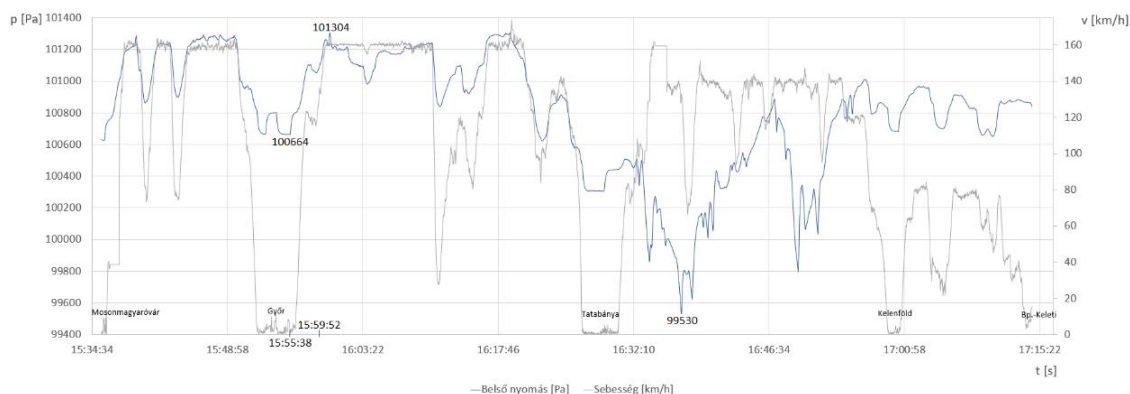


1. melléklet 53. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomástengelyű diagramban {2. melléklet 26. ábra}

A megfigyelés időszakában a szélvédőre helyezett nyomásmérő által mért adat 91294 Pa nyomásérték volt, ami 100 s alatt, megnövekedett 95190 Pa nyomásra. Az oldalsó nyomásmérő által mért adat 98403 Pa nyomás volt a megfigyelés előtt, ami 111870 Pa nyomásra nőtt. A belső nyomás 100680 Pa nyomásról 100859 Pa nyomásra növekedett. Tehát elmondható, hogy a megfigyelési időszak alatt 100 s alatt a szélvédőre ható nyomásváltozás 3896 Pa, illetve az oldalsó nyomásváltozás 13467 Pa, a belső nyomásváltozás pedig 179 Pa volt. Budapest-Keleti állomás a koordináták alapján tengerszint felett 112 m magasan fekszik. Budapest-Keleti állomáson lehúztuk az ablakot, így ott meghatároztuk az aktuális légköri nyomást, ami 100840 Pa volt.

A megfigyelés időszakában a szélvédőnél a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség -9546 Pa , míg az oldalsó részen a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség 11030 Pa volt.

Csak a belső nyomást vizsgálva az eredmények a következőképpen alakultak. A diagram az **1. melléklet 54. ábrán** látható.



1. melléklet 54. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek és sebesség megjelenítése diagramban {2. melléklet 27. ábra}

A túlnyomás védelmi rendszer ennél a mozdonynál is kapcsolható, tehát kiiktatható. A mérés során Tatabányánál kapcsoltuk be a rendszert. Jól látható, hogy kikapcsolt rendszernél Győr után 101304 Pa nyomásérték alakult ki a vezetőállásban 160 $\frac{km}{h}$ sebességnél, itt a viszonylagos hirtelen belső nyomásváltozás 4perc 14 másodperc alatt 640 Pa volt.

Bekapcsolt rendszernél Tatabánya után ez az érték 99530 Pa értékre csökkent, a sebesség ezen a szakaszon legfeljebb 140 $\frac{km}{h}$ volt. Győr állomáson a légköri nyomást a két külső szenzor által mért nyomás átlagaként határoztuk meg.

$$p_{körny.} = \frac{100722 \text{ Pa} + 100188 \text{ Pa}}{2} = 100455 \text{ Pa}$$

Tatabánya állomáson lehúztuk az ablakot, így ott meghatároztuk az aktuális légköri nyomást, ami 100308 Pa volt.

Elmondható, hogy a legnagyobb, a légköri nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbség Győr után 849 Pa és Tatabánya után -778 Pa volt.

Az is jól látható, hogy bekapcsolt rendszernél a kialakuló negatív nyomások a vezetőállásban igen gyorsan és hirtelen változtak. Ezt érzékeltük is a fülünkkel. Tehát a hirtelen nyomásváltozástól védő rendszer ebben a mozdonyban inkább ártott, mint használt a hirtelen nyomásingadozás szempontjából.

1.7. Nyomásmérés a 40-es vonalon, mérés alagútban

Magyarországon, a 40-es vonalon található olyan vasúti alagút, amelyen 120 $\frac{km}{h}$ sebességgel át lehet haladni. Ezen a vonalon a Ganz-MÁVAG által gyártott V43-as sorozatú mozdonyok járnak. Kérésünkre a mérésünk egyik napjára egy TRAXX mozdonyt állítottak be, hogy nyomáscsúcs elkerülő rendszerrel ellátott járműben kialakuló nyomásviszonyokat is tudjunk mérni. Így lehetőségünk nyílt nyomáscsúcs védelmi rendszerrel ellátott modern, és védőrendszer nélküli régebbi V43-as mozdonyon is megvizsgálni a nyomásalakulásokat a vezetőállásban és a mozdony külső, orr- illetve oldalsó részén alagútba való haladás esetén.

A V43-as mozdonnyal történő mérés a méréssorozat utolsó napjára esett, ebbe a mérésbe már teljes felkészültséggel vágtunk bele. Beszereztünk egy külső GPS antennát, amit mágnesesen lehet rögzíteni a fémfelületeken. A külső GPS antenna az **1. melléklet 55. ábrán** nézhető meg a V43-as mozdony oldalsó ablakának belő részére ragasztva.



1. melléklet 55. ábra: GPS antenna a V43-as mozdony oldalsó ablakára ragasztva

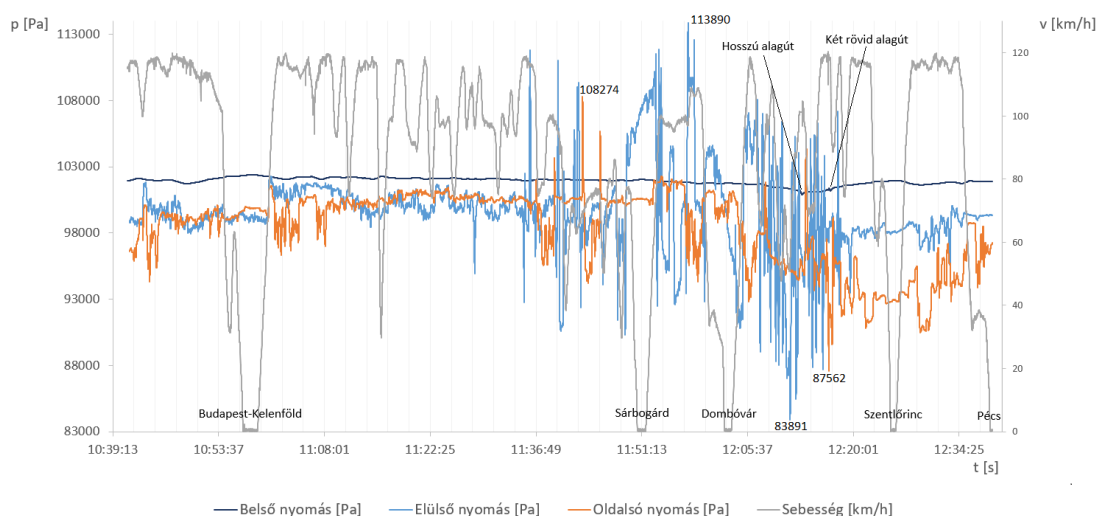
1.7.1 Mérés V43-as mozdonyon

Az érzékelők elhelyezése a V43-as mozdonyon az **1. melléklet 56. ábrán** látható.



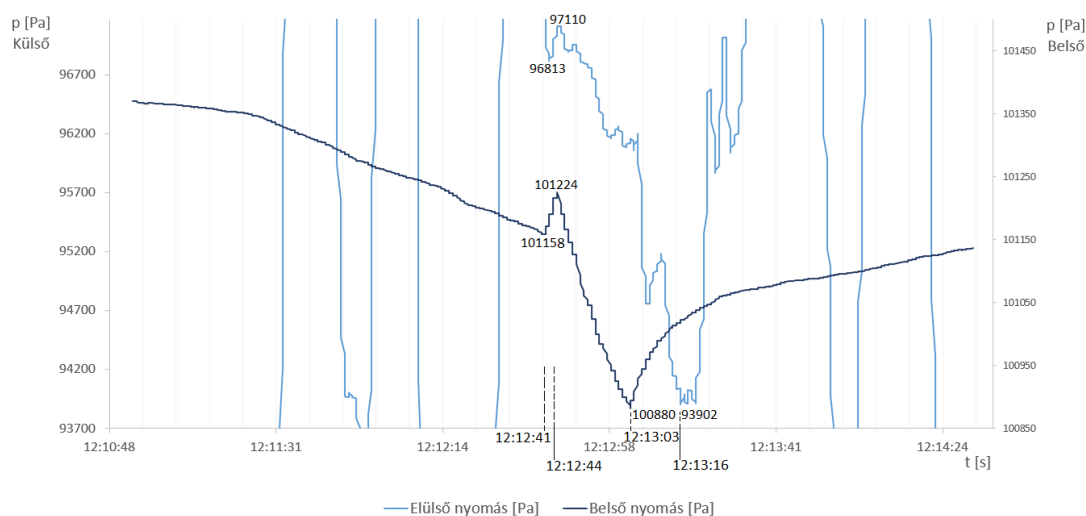
1. melléklet 56. ábra: A járművön elhelyezett érzékelők

A vezetőálláson, a jármű elején, az oldalfelületen a nyomásváltozások és a sebességváltozások az **1. melléklet 57. ábrán** láthatóak.



1. melléklet 57. ábra: A V43-as mozdony mért értékei megjelenítése diagramban {2. melléklet 28. ábra}

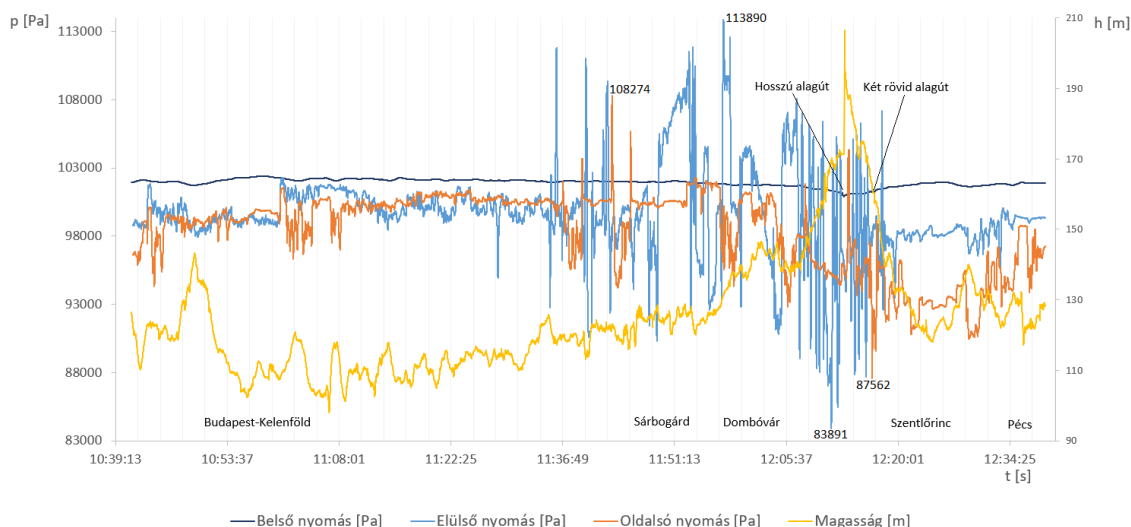
Az alagútba való $104 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel való behaladáskor a nyomásváltozások alakulásai az **1. melléklet 58. ábrán** láthatóak.



1. melléklet 58. ábra: A V43-as mozdony alagútba haladásakor mért értékei megjelenítése diagramban {2. melléklet 29. ábra}

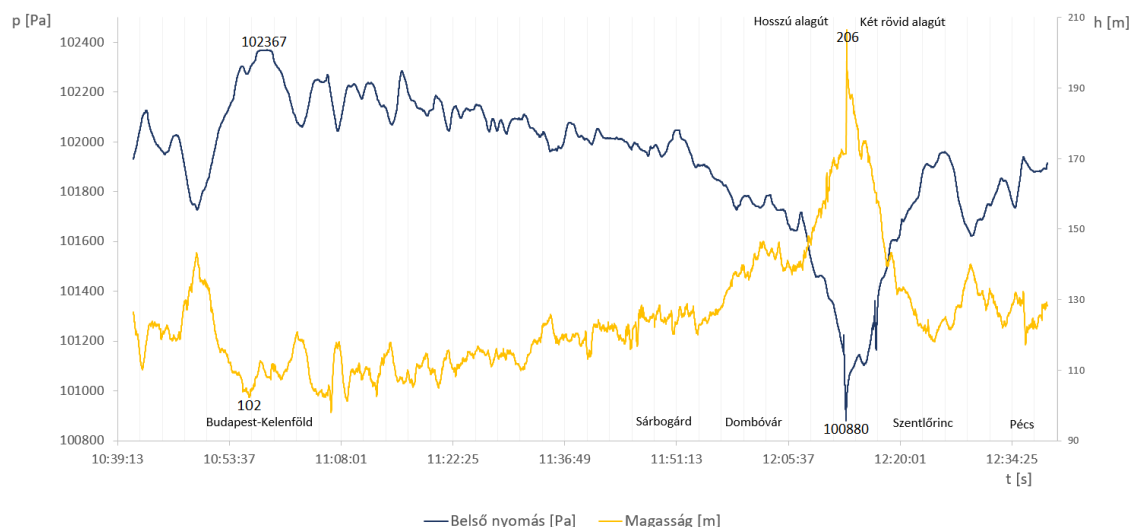
Az alagútba történő behaladás pillanatában az elülső nyomás 96813 Pa nyomásról 97110 Pa nyomásra változott, tehát 3 másodperc alatt 297 Pa nyomásváltozás történt. A belső nyomás 101158 Pa nyomásról 101224 Pa nyomásra változott, tehát 3 másodperc alatt 66 Pa nyomásváltozás történt. Az alagútba történő behaladás után az elülső nyomás 97110 Pa nyomásról 93902 Pa nyomásra változott, tehát további 32 másodperc alatt 3208 Pa nyomásváltozás történt. A belső nyomás 101224 Pa nyomásról 100880 Pa nyomásra változott, tehát további 19 másodperc alatt 344 Pa nyomásváltozás történt. A belső nyomásváltozás mértéke és gyorsasága már fűldugulást okozott a vezetőálláson tartózkodó személyeknél.

A nyomásértékek mellett a magassági adatok az **1. melléklet 59. ábrán** láthatóak.



1. melléklet 59. ábra: A V43-as mozdony mért értékei megjelenítése diagramban a magasságadatok megjelenítésével {2. melléklet 30. ábra}

A sebességadatok és a magassági adatok együttes megjelenítése az **1. melléklet 60. ábrán** láthatóak.

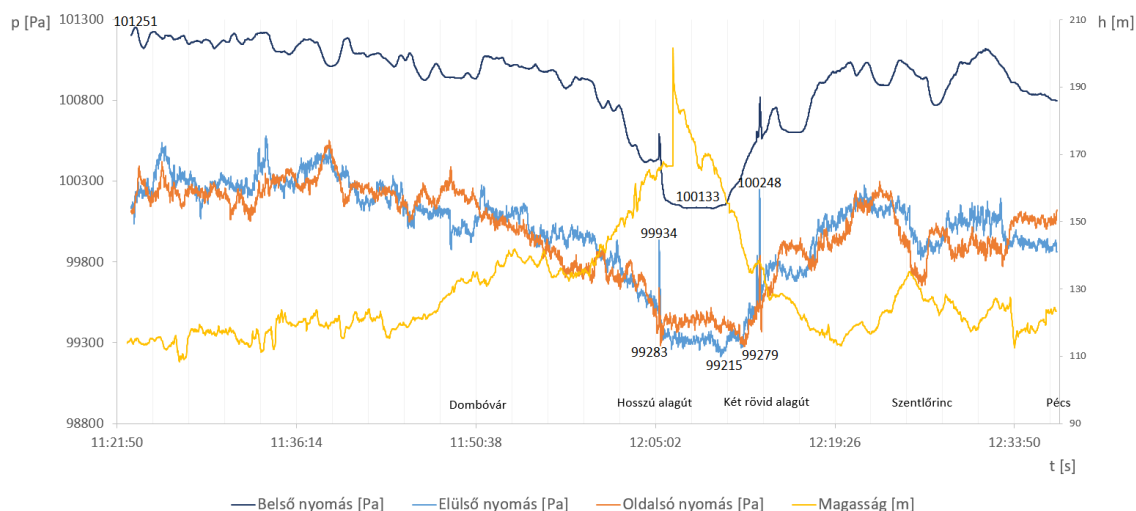


1. melléklet 60. ábra: A V43-as mozdony vezetőállás nyomás és a magassági adatok közös diagramban {2. melléklet 31. ábra}

A diagramból nagyon szépen kivehető, hogy minél magasabbra kapaszkodik fel a szerelvény, úgy csökken a vezetőállás légnyomása, 206m magasságon a vezetőállás nyomása 100880Pa nyomásra csökken. Budapest-Kelenföldön 102m-es magasságon 102367Pa volt a legnagyobb vezetőállásban mért nyomásérték, ez azt jelenti, hogy 104m magasságkülönbség legyűrése után 1487Pa légköri nyomásváltozás történt. Ebből is látszik, hogy a vezetőállás nyomásviszonyait (légköri nyomást) a pálya tengerszinthez viszonyított magassági fekvése milyen mértékben befolyásolja.

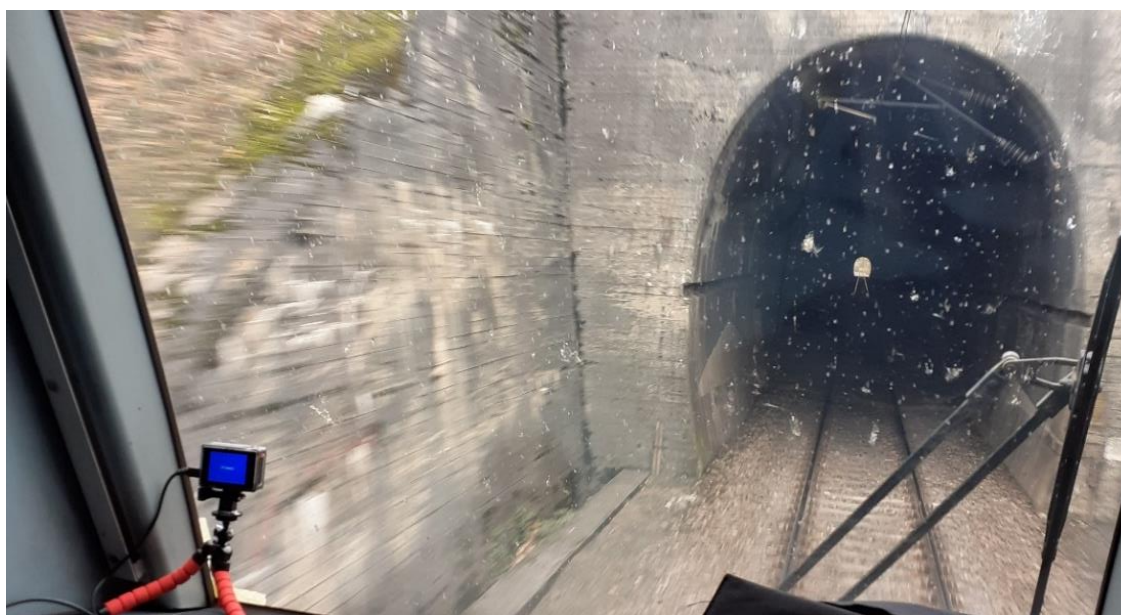
1.7.2 Mérés TRAXX mozdonyon

A Budapest-Pécs szakaszon a vezetőálláson, a jármű elején és az oldalfelületen a nyomásváltozások az **1. melléklet 61. ábrán** láthatóak.



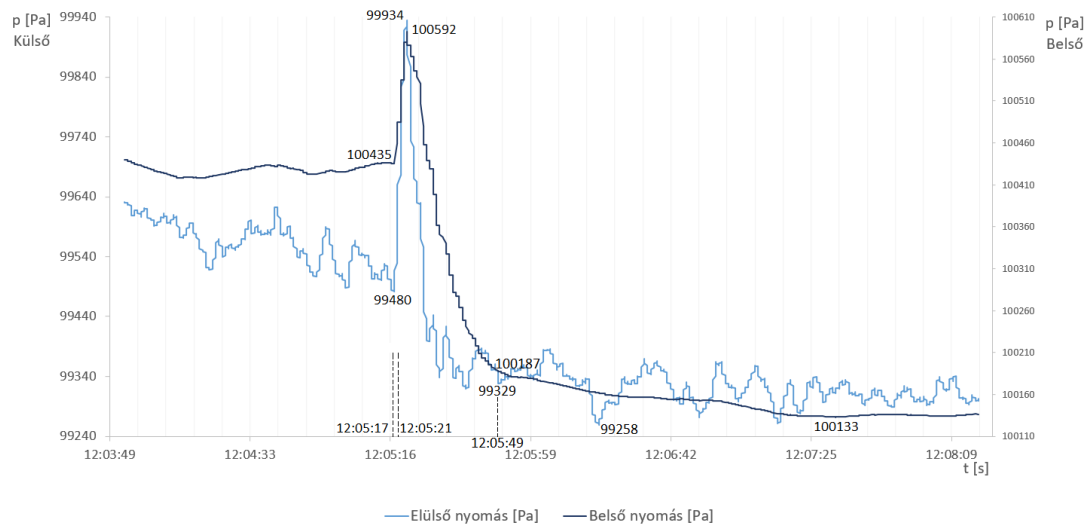
1. melléklet 61. ábra: A TRAXX mozdony mért értékei megjelenítése diagramban
{2. melléklet 32. ábra}

Ebből a diagramból is jól kivehető, hogy az összes nyomásadat átlag értéke a pálya legmagasabb pontján lévő alagutaknál a legalacsonyabb, tehát ellentétesen, de szépen követik a magassági adatokat a nyomás adatok. Egy kiugró első nyomásszenzor által mért adatot az alagút bejáratán regisztráltunk, ami 99934 Pa volt. Az alagútban a belső nyomás 100133 Pa nyomásra csökkent. Az első alagútba történő behaladás után a mozdonyvezető fékezett, az alagút után félreállították a szerelvényünket, a szemben közlekedő szerelvény miatt. A TRAXX mozdonnal való behaladás az alagútba az **1. melléklet 62. ábrán** nézhető meg.



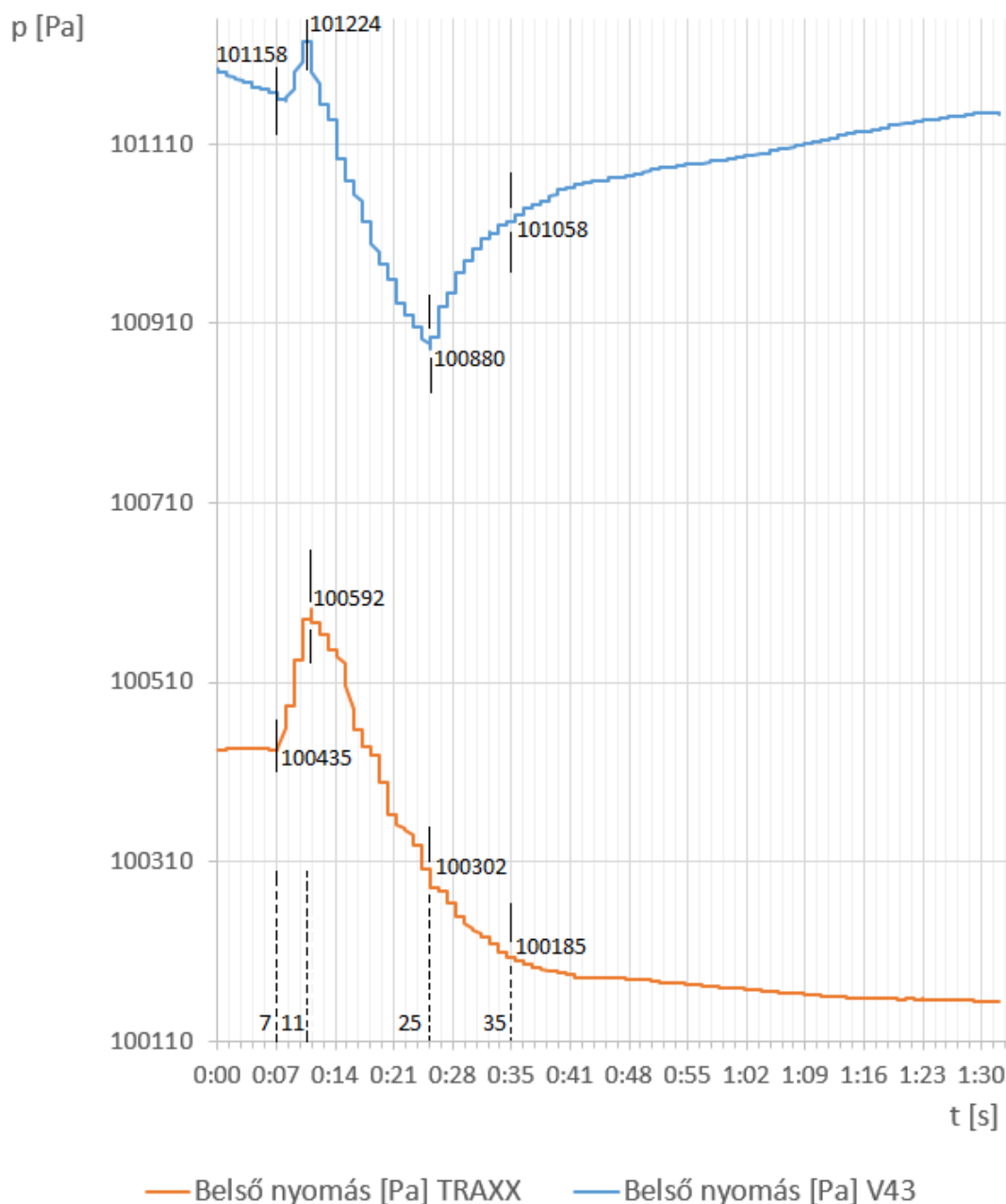
1. melléklet 62. ábra: Behaladás az alagútba TRAXX mozdonnal

Az alagútba való $120 \frac{km}{h}$ sebességgel való behaladáskor a nyomásváltozások alakulásai az **1. melléklet 63. ábrán** láthatóak.



1. melléklet 63. ábra: A TRAXX mozdony alagútba haladásakor mért értékei megjelenítése diagramban
{2. melléklet 33. ábra}

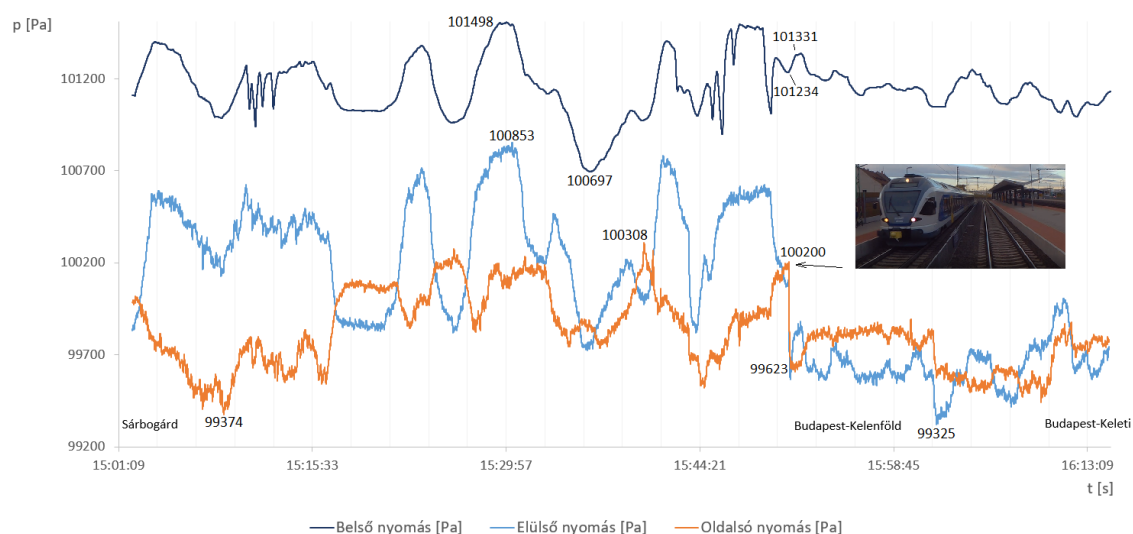
Az alagútba történő behaladás pillanatában az elülső nyomás $99480 Pa$ nyomásról $99934 Pa$ nyomásra változott, tehát 4 másodperc alatt $454 Pa$ nyomásváltozás történt. A belső nyomás $100435 Pa$ nyomásról $100592 Pa$ nyomásra változott, tehát 4 másodperc alatt $157 Pa$ nyomásváltozás történt. Az alagútba történő behaladás után az elülső nyomás $99934 Pa$ nyomásról $99329 Pa$ nyomásra változott, tehát további 28 másodperc alatt $605 Pa$ nyomásváltozás történt. A belső nyomás $100592 Pa$ nyomásról $100187 Pa$ nyomásra változott, tehát további 28 másodperc alatt $405 Pa$ nyomásváltozás történt. A belső nyomásváltozás mértéke és gyorsasága már fűldugulást okozott a vezetőálláson tartózkodó személyeknél. Az **1. melléklet 64. ábrán** a V43-as és a TRAXX mozdony vezetőállásában mért nyomások láthatóak alagútba való behaladás közben egy diagramban ábrázolva.



1. melléklet 64. ábra: A két nyomásérték megjelenítése egy diagramban
 {2. melléklet 34. ábra}

A TRAXX mozdony kikapcsolt túlnyomás elleni védelmi rendszerrel közlekedett a méréskor, így a két mozdony vezetőállásán kialakult nyomásváltozás igen hasonlóan alakult. A V43-as mozdony $104 \frac{km}{h}$ sebességgel, míg a TRAXX mozdony $120 \frac{km}{h}$ sebességgel haladt be az alagútba, ezért a TRAXX mozdony vezetőállásán magasabb nyomásváltozás alakult ki. A V43-as mozdony vezetőállásán a nyomásváltozás $66 Pa$, míg a TRAXX mozdony vezetőállásán a nyomásváltozás $157 Pa$ volt. A TRAXX mozdony vezetőállásában az alagútba való behaladás utáni nyomáscsökkenés után nincs nyomásnövekedés, mivel az alagútba érkezés után a mozdonyvezető, amint azt már említettem, fékezett, mivel az alagút után félreállították a szerelvényünket, a szemben közlekedő szerelvény miatt.

A Pécs-Budapest viszonylaton mért értékek az az **1. melléklet 64. ábrán** láthatóak.



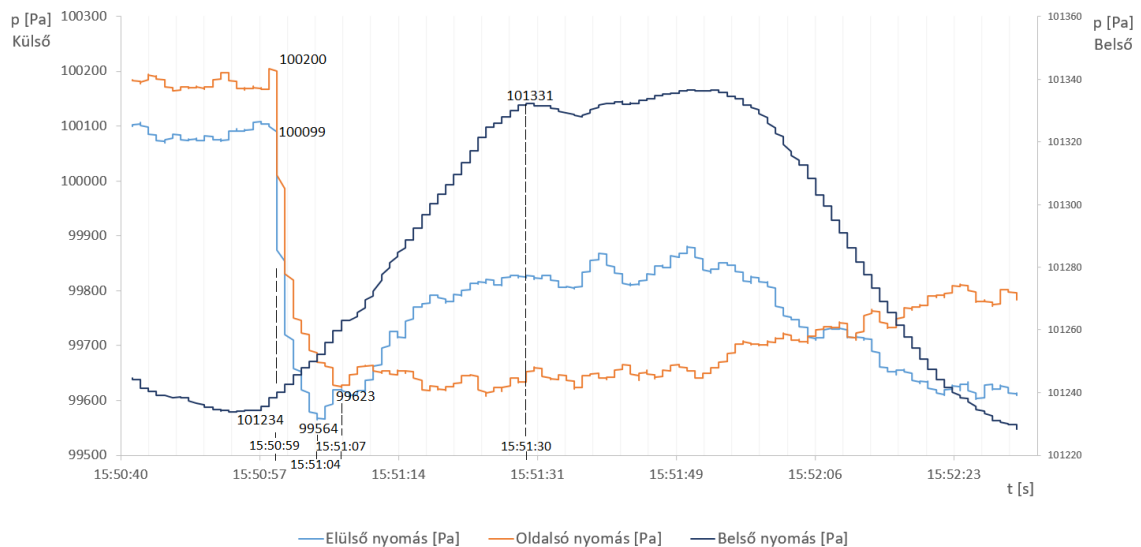
1. melléklet 64. ábra: A TRAXX mozdony FLIRT motorvonattal találkozásakor mért értékei megjelenítése diagramban
{2. melléklet 35. ábra}

Egy kiugró nyomásadatot a mérés vége felé, Budapest-Kelenföld állomás előtt mértünk Budafok állomáson álló FLIRT motorvonat mellett való $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel való elhaladáskor. Az **1. melléklet 65. ábrán** egy az állomáson álló FLIRT motorvonattal való találkozás nézhető meg.



1. melléklet 65. ábra: Találkozás a FLIRT motorvonattal

Az motorvonattal való találkozás pillanatában a nyomásváltozások alakulása az **1. melléklet 66. ábrán** láthatóak.



1. melléklet 66. ábra: A TRAXX mozdony FLIRT motorvonattal való találkozásakor mért értékek megjelenítése, a találkozás pillanatának kiemelésével
 {2. melléklet 36. ábra

A találkozás pillanatában az első szenzor által érzékelt nyomás 100099Pa volt, ami 5másodperc alatt 535Pa nyomással 99564Pa nyomásra csökkent. Az oldalra szerelt szenzor által érzékelt nyomás 100200Pa volt, ami 8másodperc alatt 577Pa nyomással 99623Pa nyomásra csökkent. A vezetőállásban mért nyomás a találkozás előtt 101234Pa volt, ami 33másodperc alatt 97Pa nyomással 101331Pa nyomásra növekedett. Jól látható, hogy a külső nyomások nagymértékű és gyors változása ellenére a nyomáscsúcs elkerülő rendszernek köszönhetően, a vezetőállás nyomása csak kis mértékben és időben elnyújtottan változik, ezért a mozdonyvezető a külső gyors nyomásváltozásokból mit sem érzékel.

1.8. Összegzés

A méréssorozat számunkra is meglepetést okozott! A vezetőállásban a torlónyomás következtében kialakuló nagyobb pozitív nyomásingadozásra számítottunk, ehelyett leginkább negatív, a légköri nyomás alatti értékeket mértünk a vezetőállásban. A méréseket kielemezve és az adatokat kiértékelve arra a következtetésre jutottunk, hogy a jármű orrát, és annak közvetlen környezetét, a felületen áramló légburok veszi körül, amely a felület mentén áramló, gyors mozgású levegő hatására szívóhatást generál. Ez a szívóhatás a szélvédőnél és az oldalfelületeknél is negatív, a légköri nyomás alatti nyomást hoz létre. A külső nyomásingadozás hatására a belső nyomásingadozás jelen van a vezetőállásban, de ez nem olyan nagymértékű, hirtelen kialakuló változás. Elmondható, hogy a három, nyomáscsúcs elkerülő rendszerrel felszerelt mozdony, a Taurus a TRAXX és a legmodernebbnek mondható Vectron mozdonyok klímarendszere a külső hirtelen nyomásváltozásokat mérsékli, csak elnyújtva engedi a vezetőállásba bejutni, ezzel csökkentve a gyorsan lefutó külső nyomásingadozás káros hatásait.

A TRAXX mozdonyban beépített nyomáscsúcs elleni védelmi rendszerrel egy csappantyút szereltek be, amely hallhatóan működik. Ha működésbe hozzuk a rendszert, akkor bezár. A Hegyeshalmi vonalon mért TRAXX mozdonyon úgy érzékeltük, a mozdonyvezető egyetértésével, hogy a rendszer bekapcsolt állapotában, azaz a csappantyú bezárása után kellemetlenebb nyomásviszonyokat produkált, azaz egybehangzóan elmondhatjuk, hogy bekapcsolt védelmi rendszer esetén, többször volt kellemetlen érzésünk a hallójáratunkban. Tehát elmondható, hogy a vizsgált TRAXX mozdonyon a nyomáscsúcs védelmére kialakított rendszer nemhogy csökkentette a hirtelen változó külső nyomások belső térbe érkező hatásait, hanem még fokozta is azt bizonyos esetekben. Valószínűleg a vizsgált mozdonyon rosszul működhetett a védő rendszer. A csappantyú gyakran kinyitott, majd bezárt.

A Taurus mozdonyban a kialakuló gyorsan változó nyomásokat a beépített rendszer nagyban mérsékelte, és elnyújtotta azokat.

A Vectron mozdonyban a nyomásvédelem nem kikapcsolható. A gyorsan ingadozó nyomások ellen, folyamatos, a vezetőállásban kialakított túlnyomással védekezik a rendszer.

A mérések eredményeként elmondható, hogy a Vectron mozdonyba beépített Faiveley által gyártott klímarendszer, amely túlnyomásos védelemmel van ellátva, a vezetőállásban maximálisan hozzávetőlegesen a légköri nyomás felett 1200 Pa túlnyomást hoz létre $160\frac{\text{km}}{\text{h}}$ legnagyobb sebességnél.

A külső nyomásokat tekintve a különböző járműveket megvizsgálva elmondható, hogy a formavilág, a lekerekített orrész, az ívelt szélvédő befolyásolja a levegő áramlási viszonyait, így a szélvédőn és az oldalfelületen kialakuló nyomásváltozásokat is. A mérések során meghatározott szélsőséges értékeket az **1. melléklet 1. táblázat** foglalja össze.

1. melléklet 1. táblázat: A szélsőséges nyomásértékek

A mért jármű	Taurus	Vectron	Vectron 2. mérés LŐVÉR	TRAXX 1-es vonal	TRAXX 40-es vonat	V43 40-es vonat
Vezetőállásban kialakult legnagyobb nyomásérték [Pa]	100476	101509	100344	101304	101251	102367
Vezetőállásban kialakult legkisebb nyomásérték [Pa]	98824	99868	98333	99530	100133	100880
$\Delta p_{Belső}$	1652	1641	2011	1774	1118	1487
Szélvédőnél kialakult legnagyobb nyomásérték [Pa]	100202	100826	98657	101036	100248	113890
Szélvédőnél kialakult legkisebb nyomásérték [Pa]	95887	92778	91641	91294	99215	83891
$\Delta p_{Első}$	4315	8048	7016	9742	1033	29999
Oldalsó felületen kialakult legnagyobb nyomásérték [Pa]	100525	101561	97572	111870	100536	108274
Oldalsó felületen kialakult legkisebb nyomásérték [Pa]	93803	89878	86998	93175	99279	87562
$\Delta p_{Oldalsó}$	6722	11683	10574	18695	1257	20712

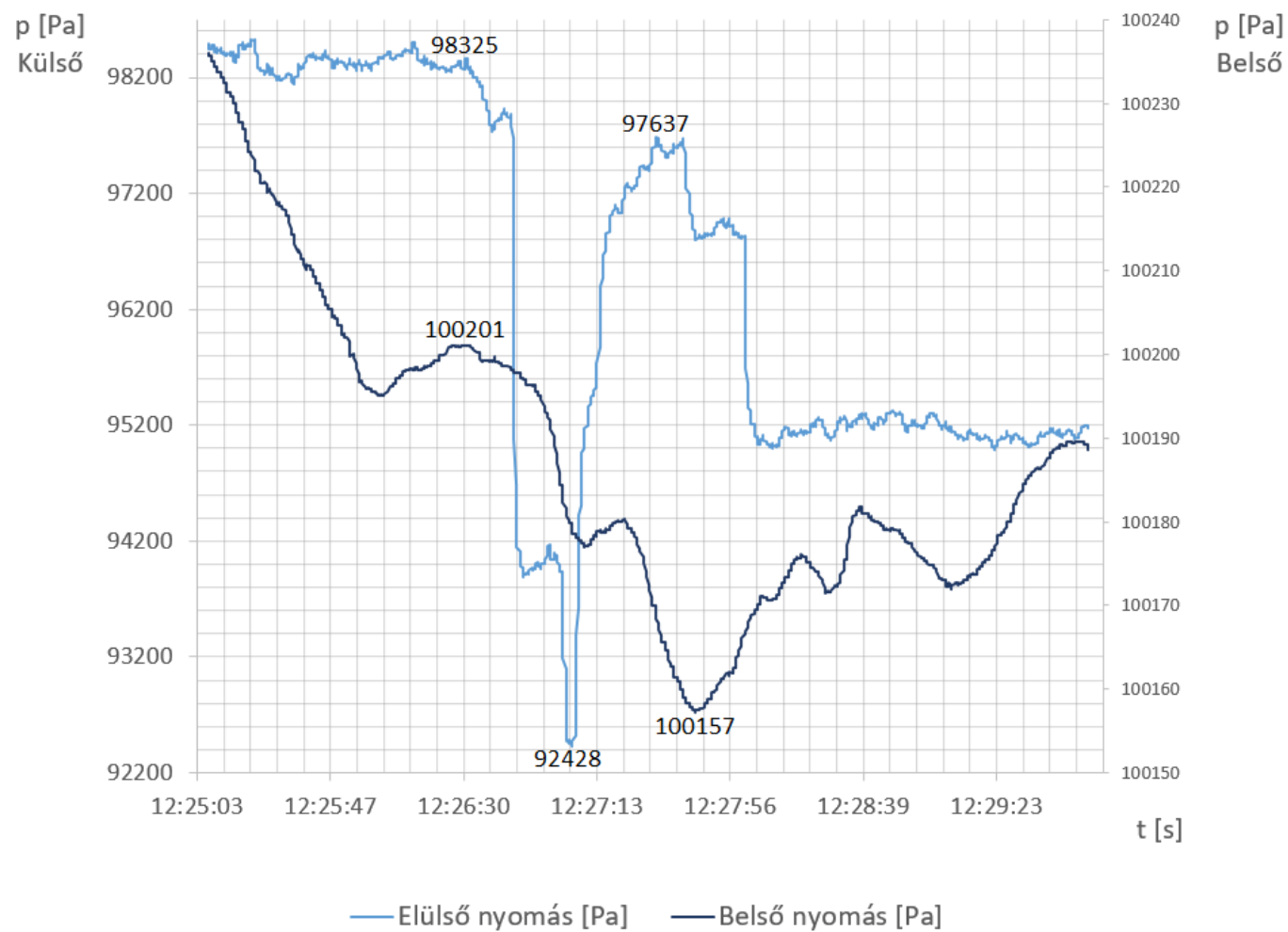
Az adatok szélső értékek, a mérés során arra törekedtünk, hogy ezeket a mennyiségeket meg tudjuk állapítani. A kialakult nyomásértékek mikéntjei, kialakulásának körülményei további mélyreható elemzést kívánna, amelyre ez a dokumentum nem tér ki. A mérés szempontjából igazán fontos adat a nyomásváltozás gyorsasága. A mérések során meghatározott szélsőséges, időegységre vetített értékeket az **1. melléklet 2. táblázat** foglalja össze.

1. melléklet 2. táblázat: A szélsőséges, időegységre vetített nyomásértékek

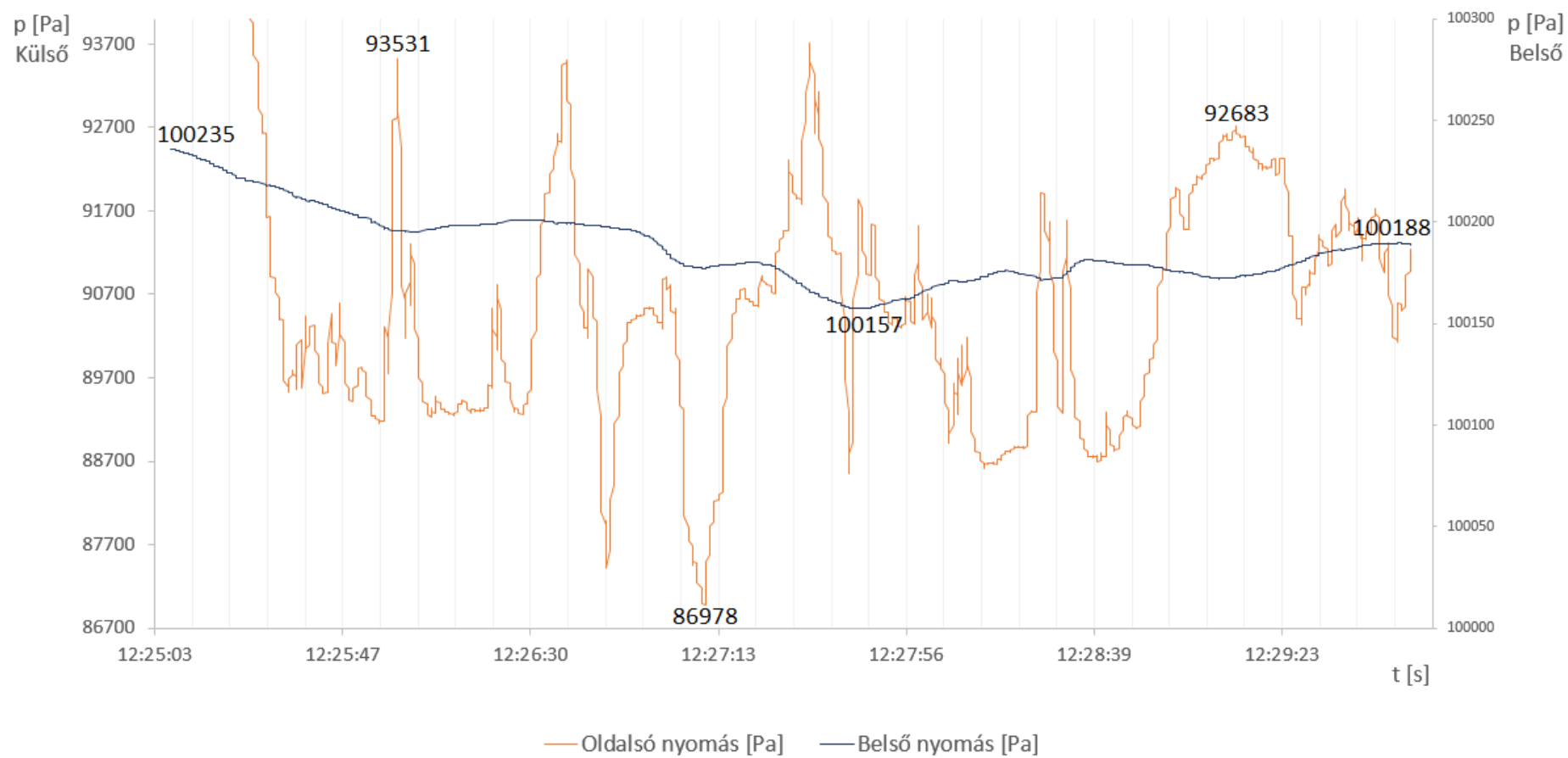
A mért jármű	A kialakult legnagyobb mért hirtelen nyomásváltozás és a hozzá tartozó jellemzők					
	A jármű szélvédőjénél			A vezetőállásban		
	Nyomásváltozás [Pa]	Eltelt idő [s]	Időegységre jutó nyomásváltozás $\Delta p/t$ [Pa/s]	Nyomásváltozás [Pa]	Eltelt idő [s]	Időegységre jutó nyomásváltozás $\Delta p/t$ [Pa/s]
TRAXX	2960	12	247	105	12	8,8
Taurus	1862	5	372	18	5	3,6
Vectron	3329	18	185	137	18	7,6
V43	297	3	99	66	3	22

A $230 \frac{km}{h}$ sebességnél nagyobb sebességgel, alagutakban is közlekedő vonatok nyomásviszonyait ezekből az adatokból már becsléssel meg lehet határozni. A pontosabb értékek meghatározása céljából Ausztriában, a nagyobb sebességű alagúttal ellátott szakaszokon méréseket kellene végezni.

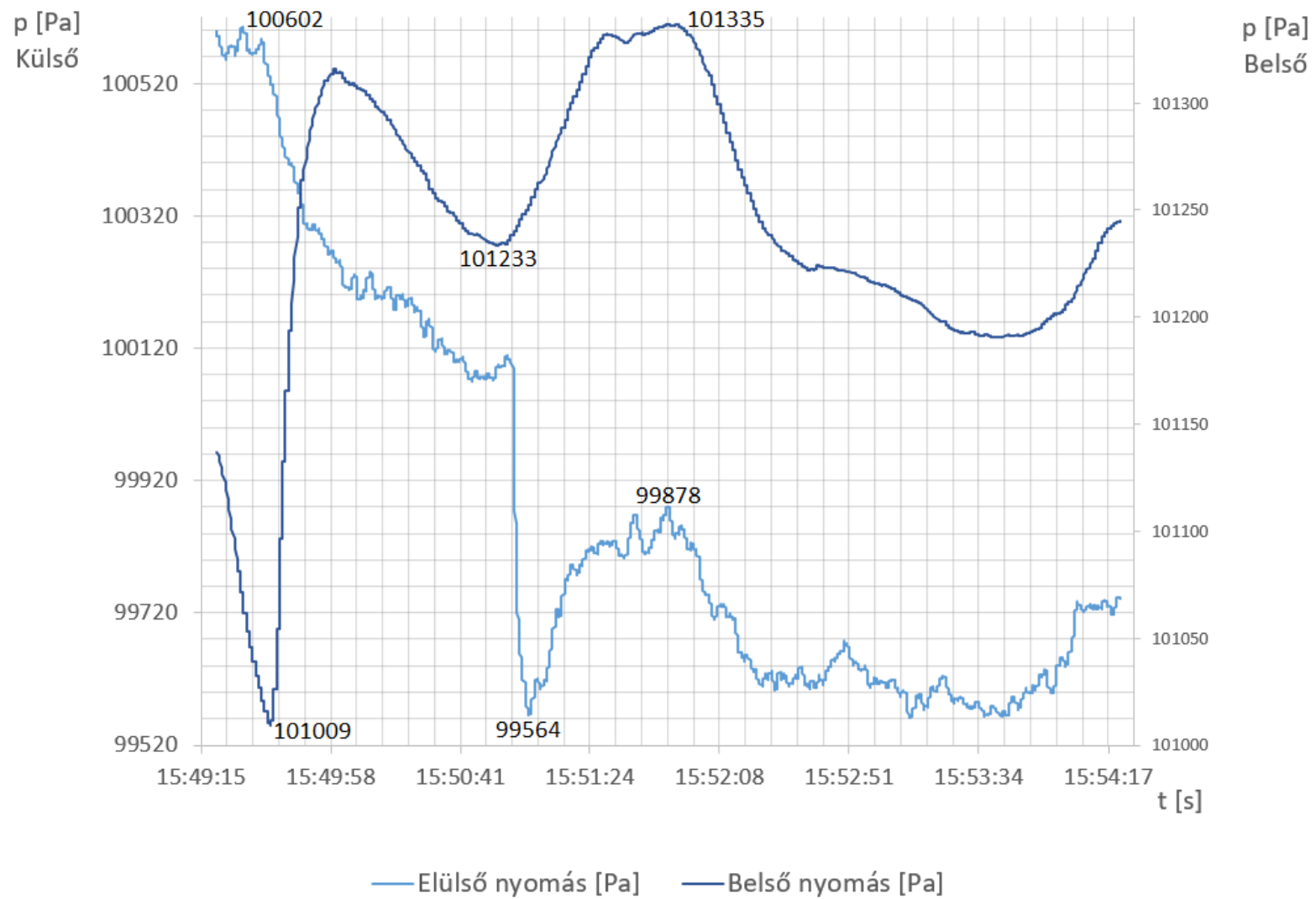
2. melléklet: Diagramok



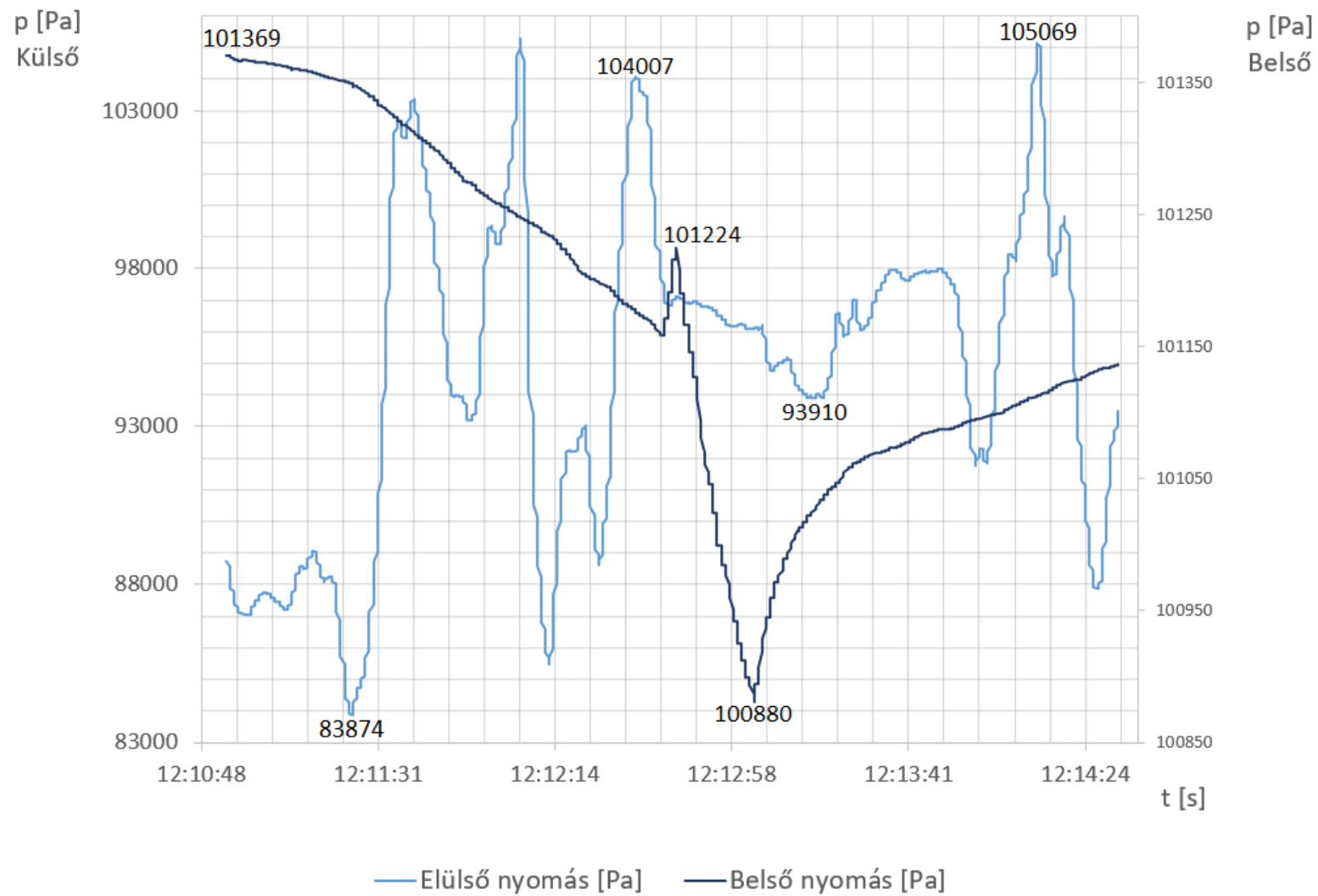
2. melléklet 1. ábra: Vectron mozdony mérési adatainak egy részlete



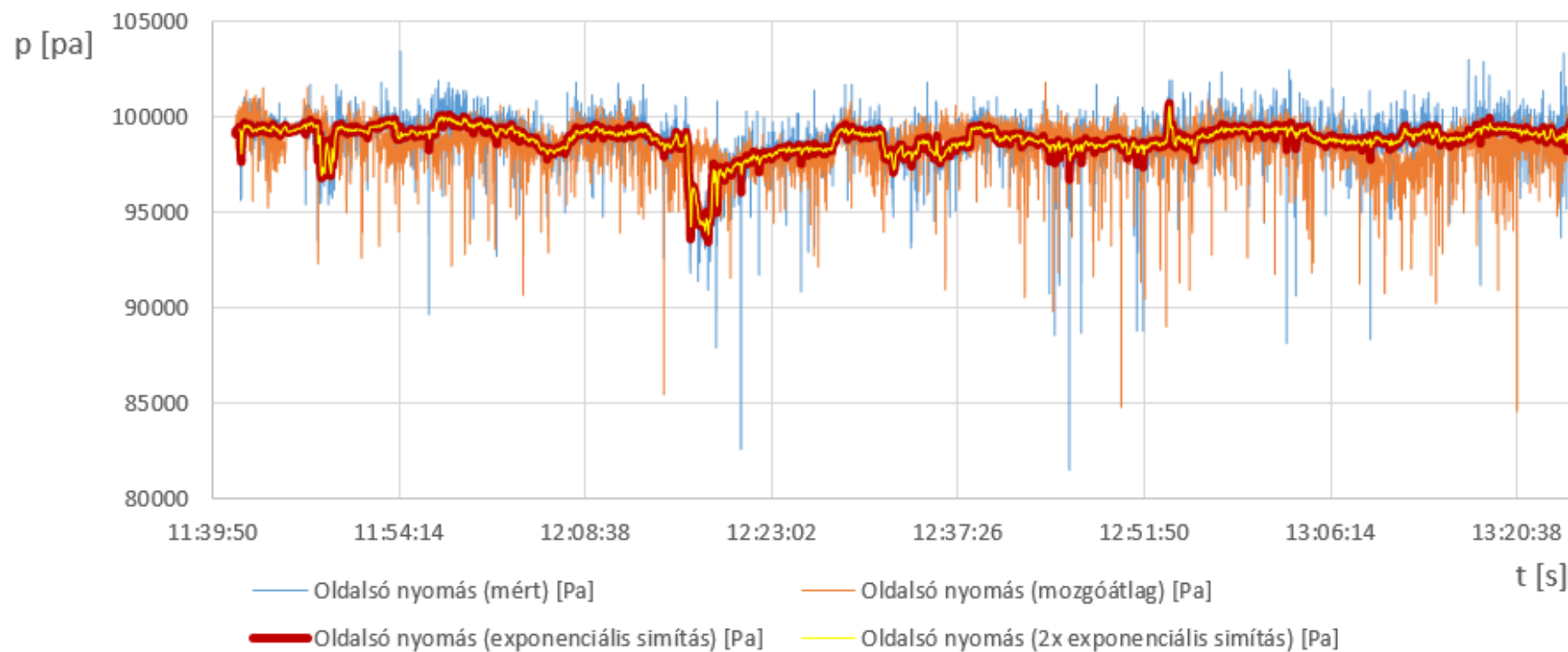
2. melléklet 2. ábra: Vectron mozdony mérési adatainak egy másik részlete



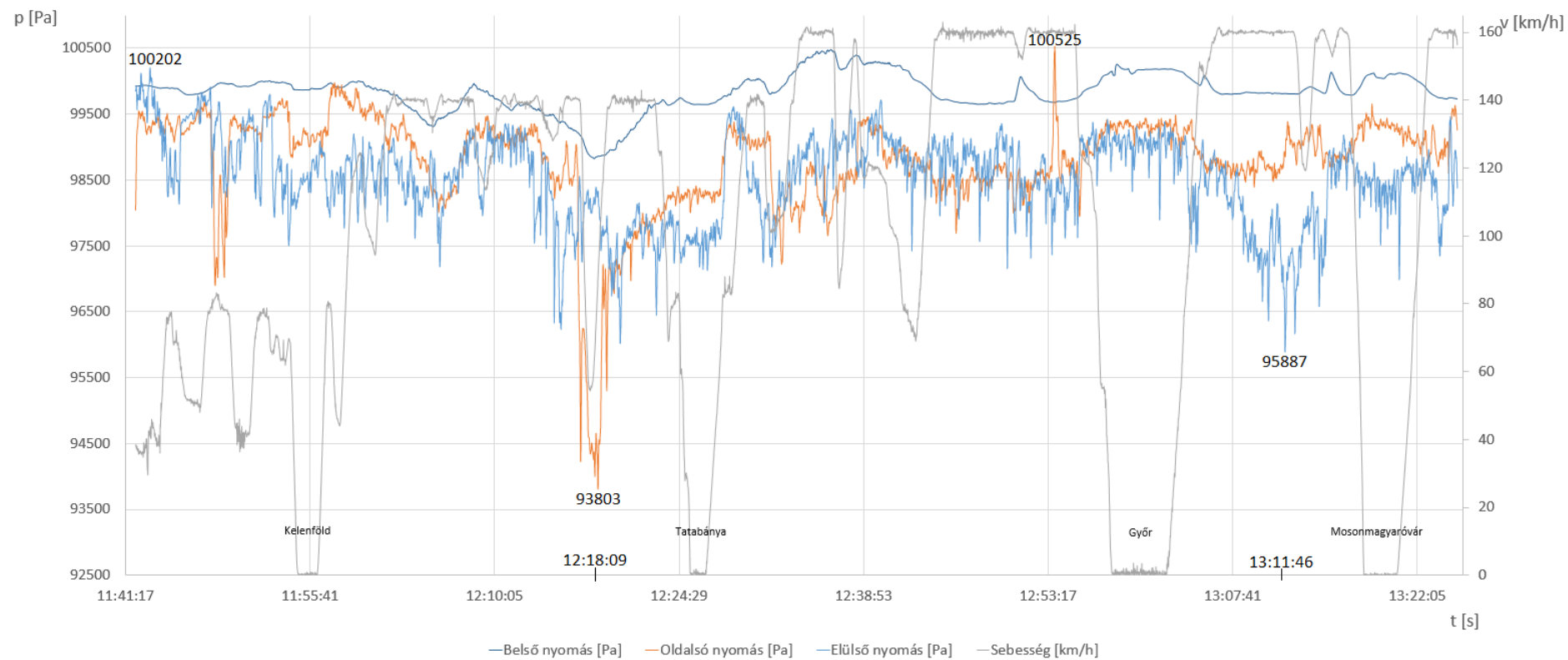
2. melléklet 3. ábra: TRAXX mozdony mérési adatainak egy részlete



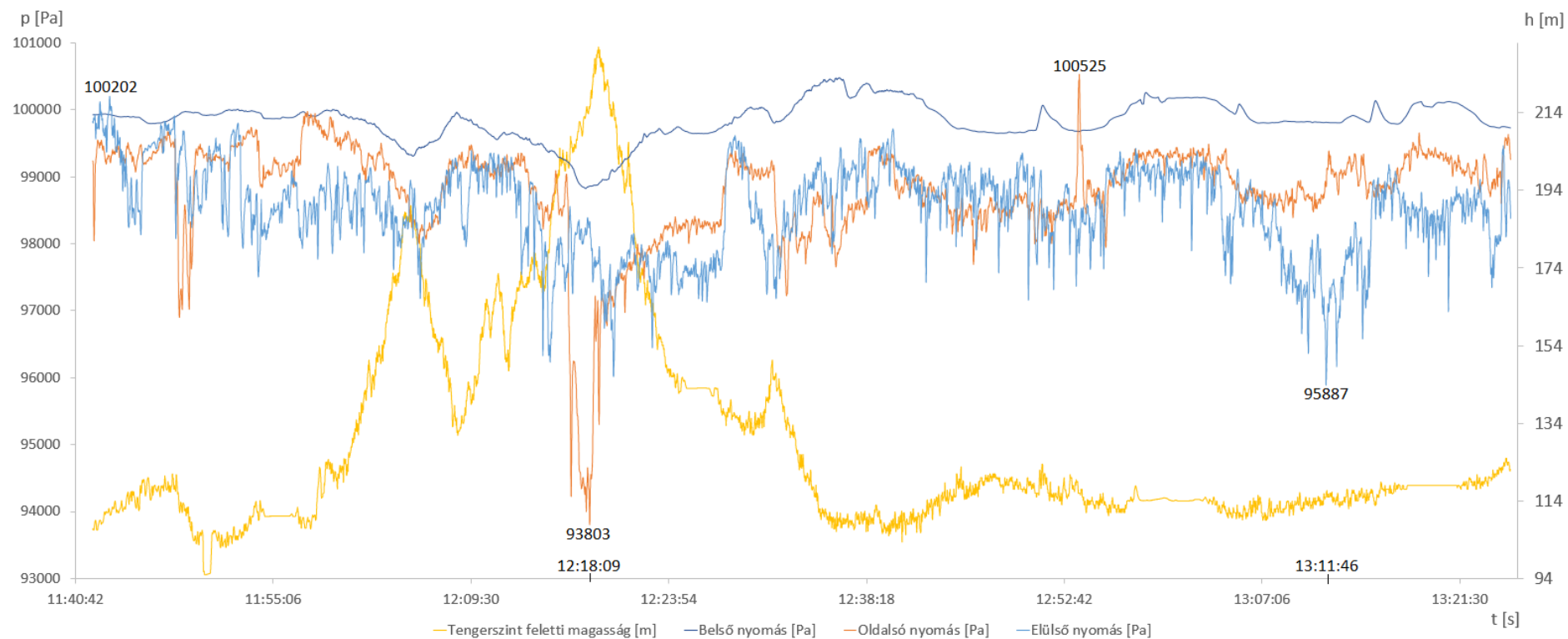
2. melléklet 4. ábra: V43-as mozdony mérési adatainak egy részlete



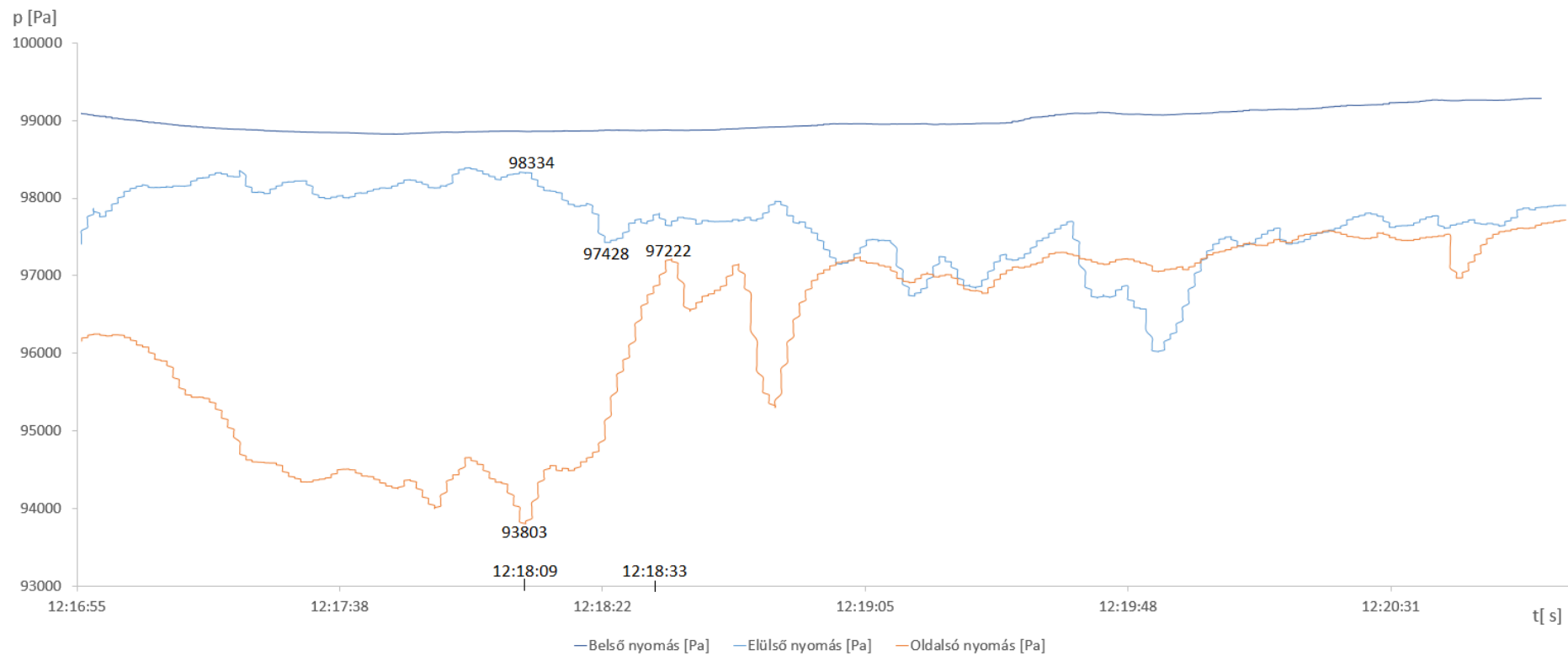
2. melléklet 5. ábra: Különböző módszerekkel szűrt mérési eredmények



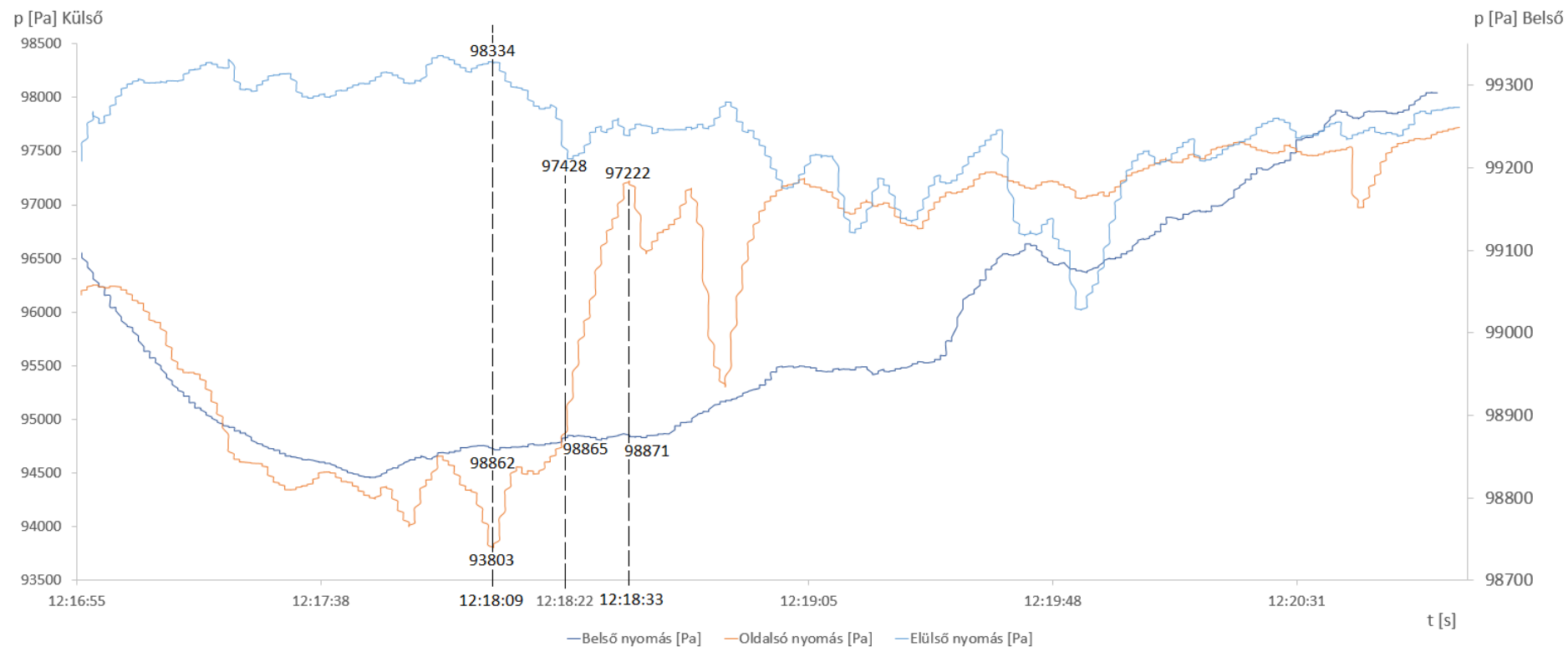
2. melléklet 6. ábra: Taurus mozdony mérési adatok megjelenítése diagramban



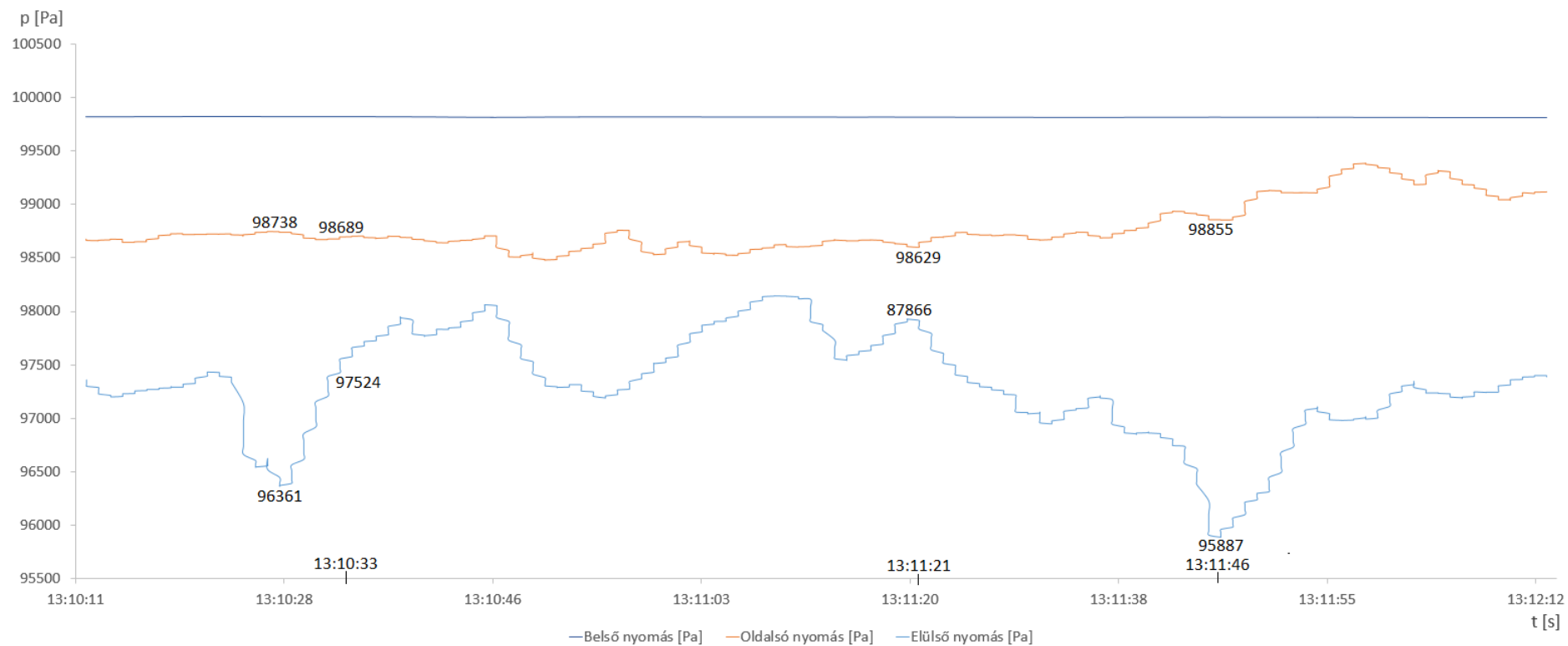
2. melléklet 7. ábra: A nyomásadatok és a tengersizt feletti magasság megjelenítése diagramban



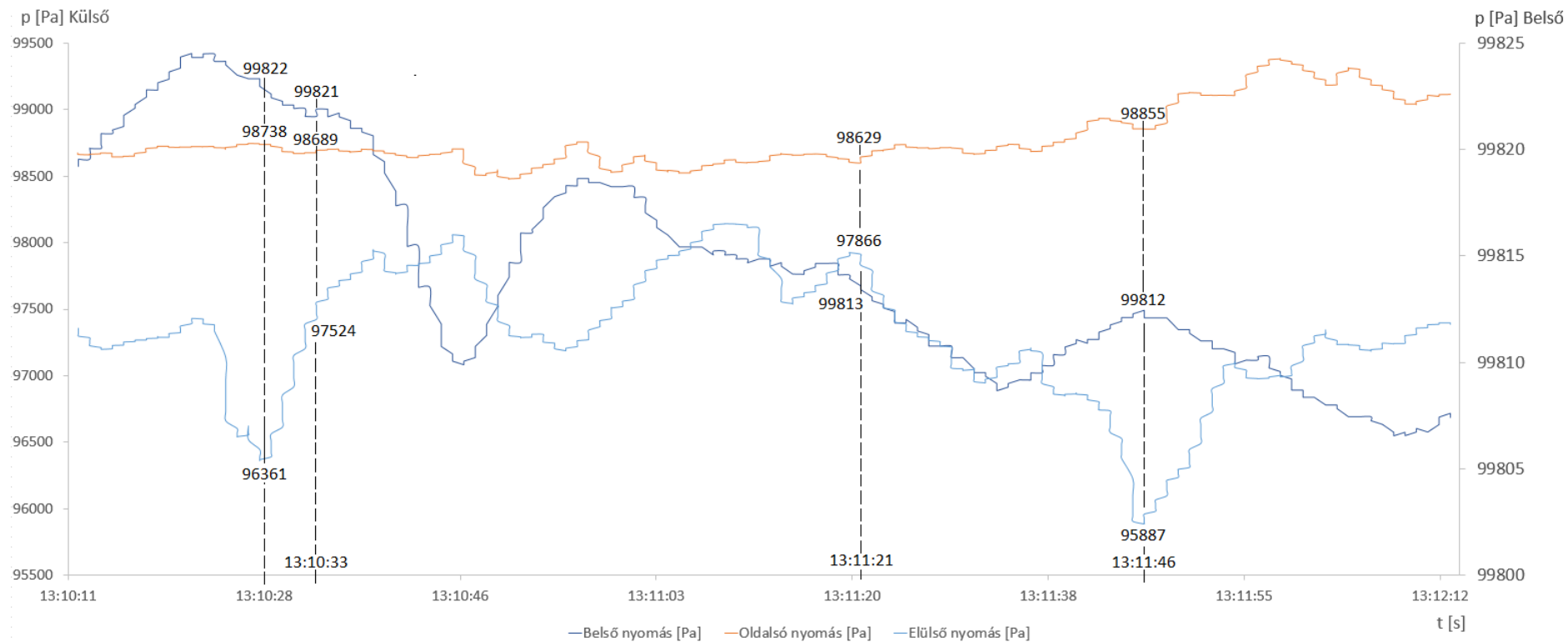
2. melléklet 8. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban



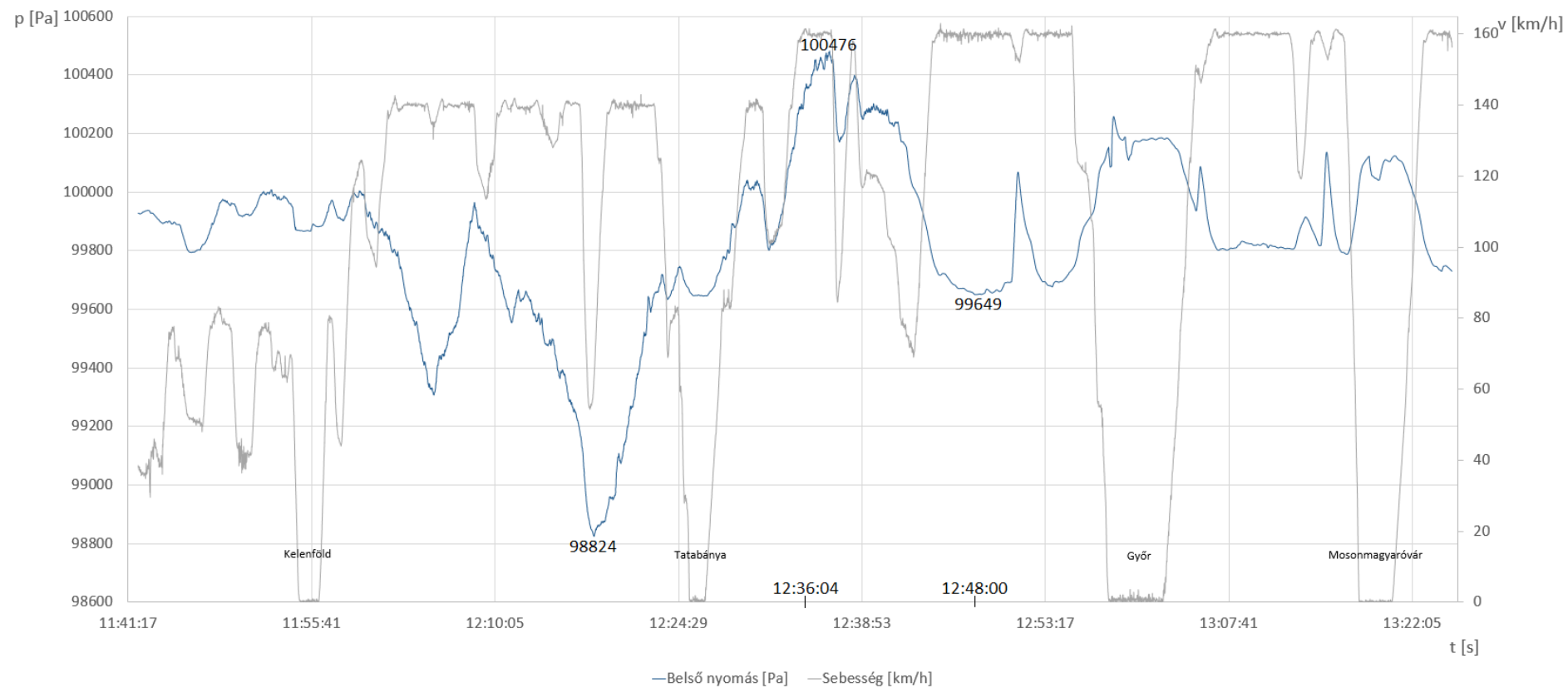
2. melléklet 9. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomásléptékű diagramban



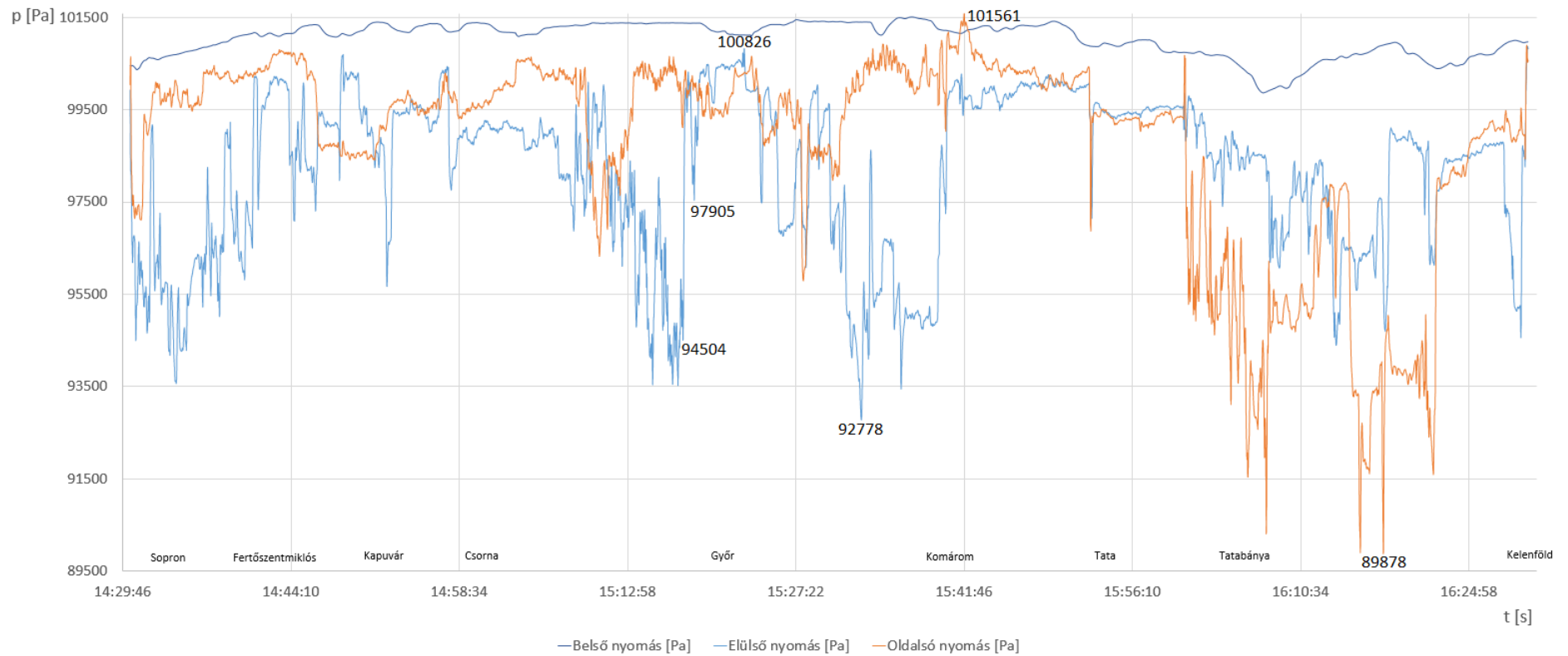
2. melléklet 10. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban



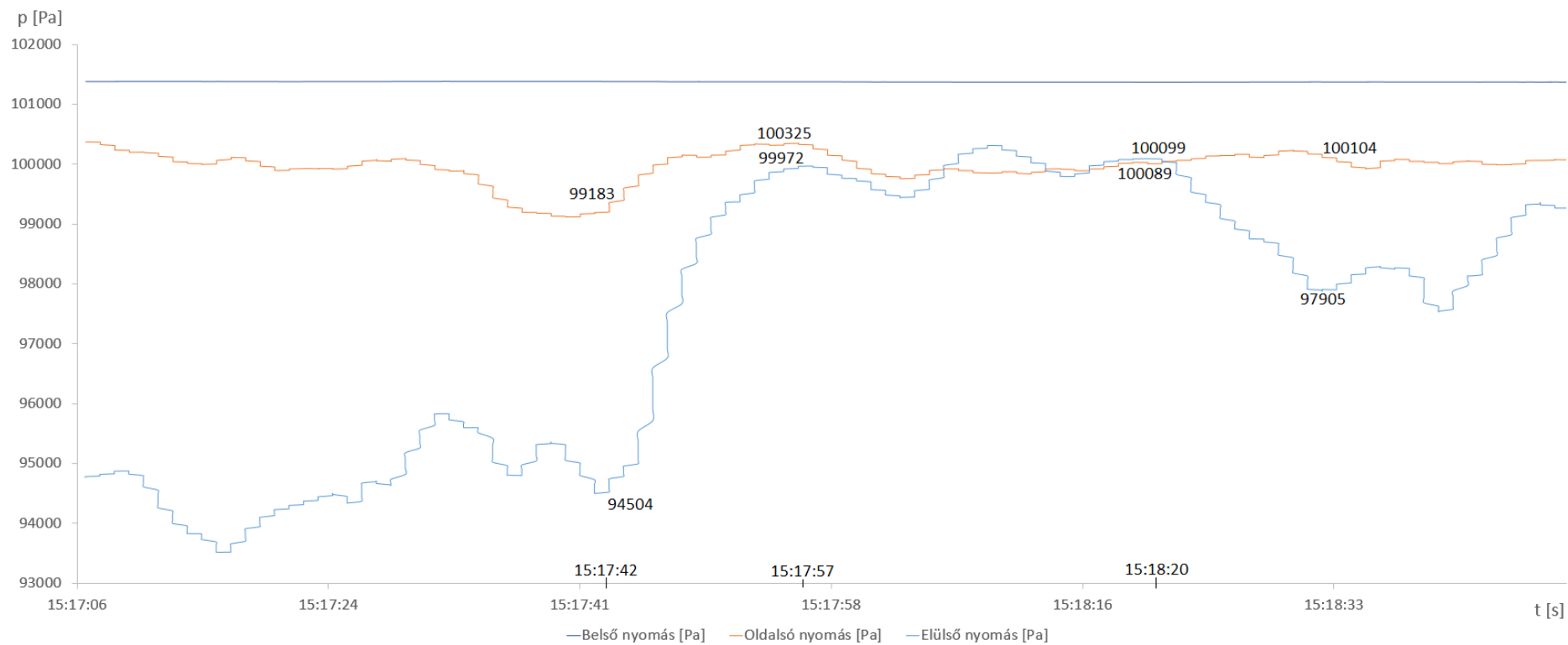
2. melléklet 11. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomásléptékű diagramban



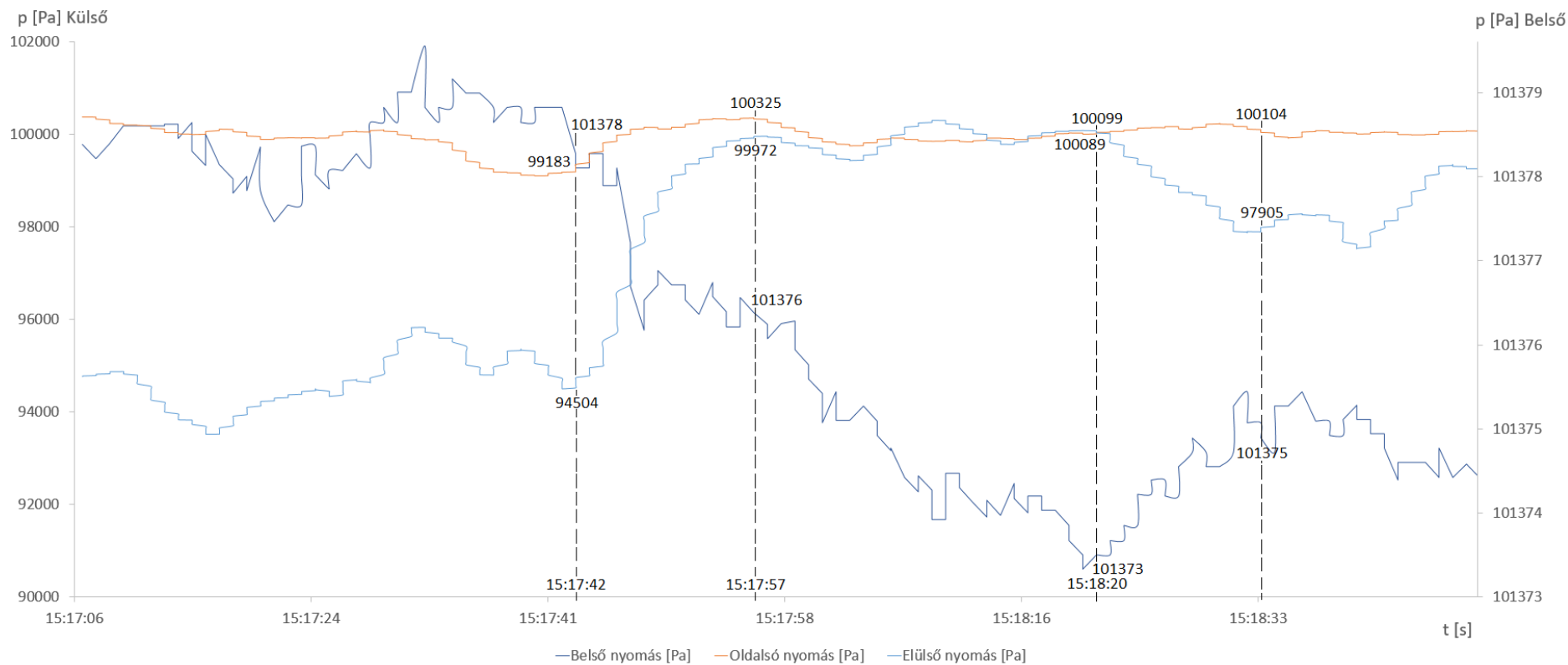
2. melléklet 12. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek és sebesség megjelenítése diagramban



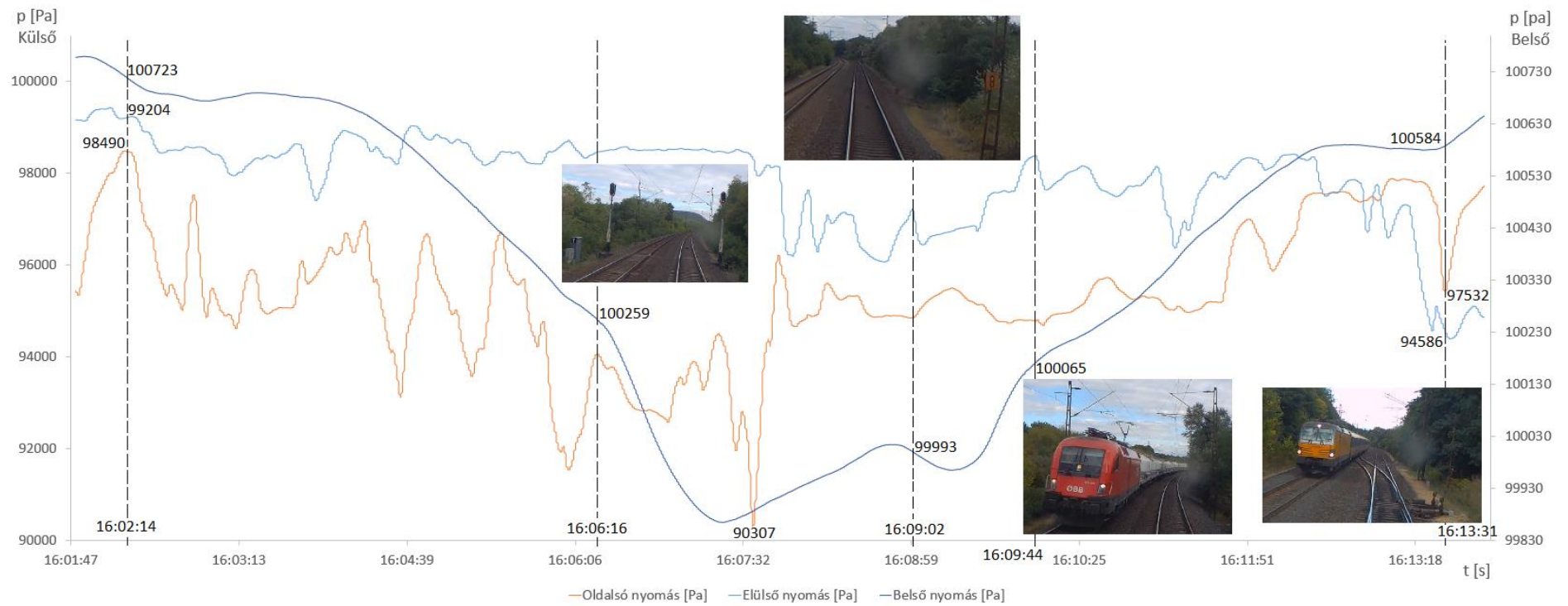
2. melléklet 13. ábra: Vectron mozdony mérési adatok megjelenítése diagramban



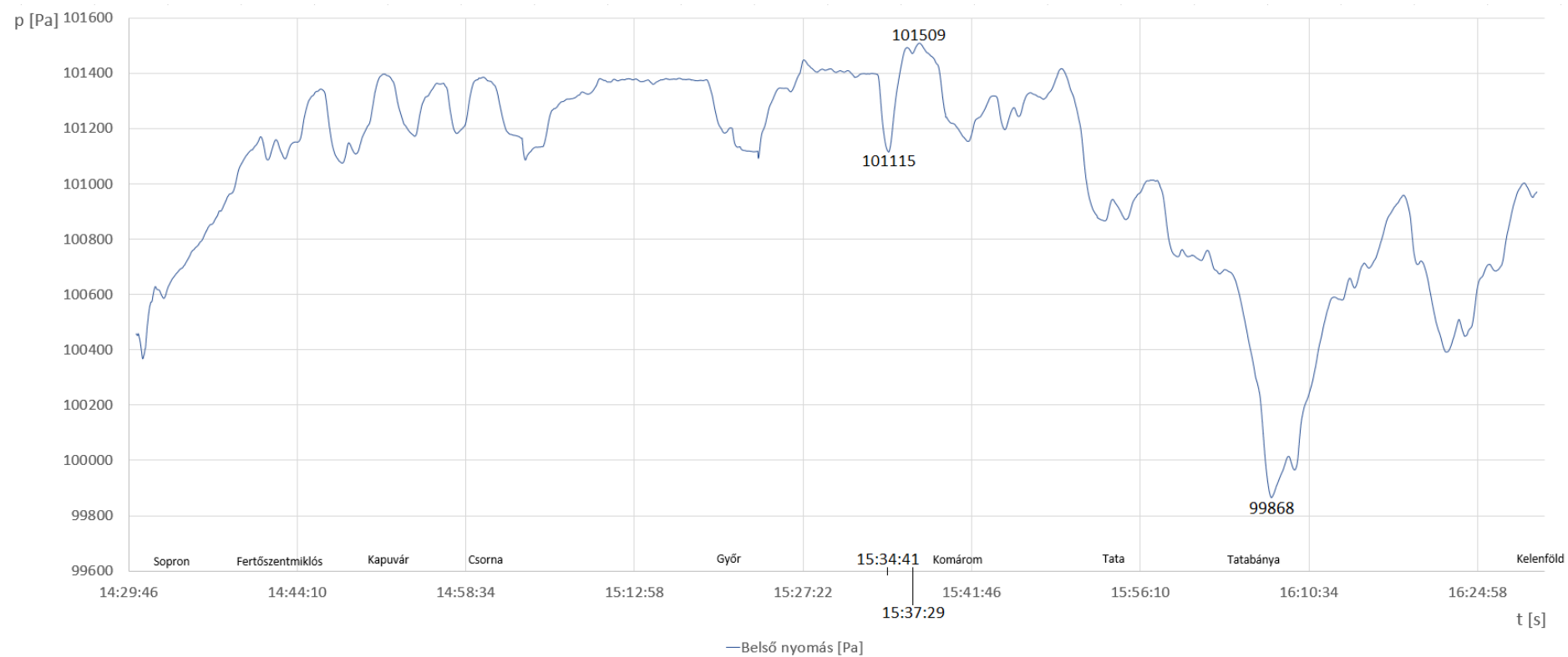
2. melléklet 14. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban



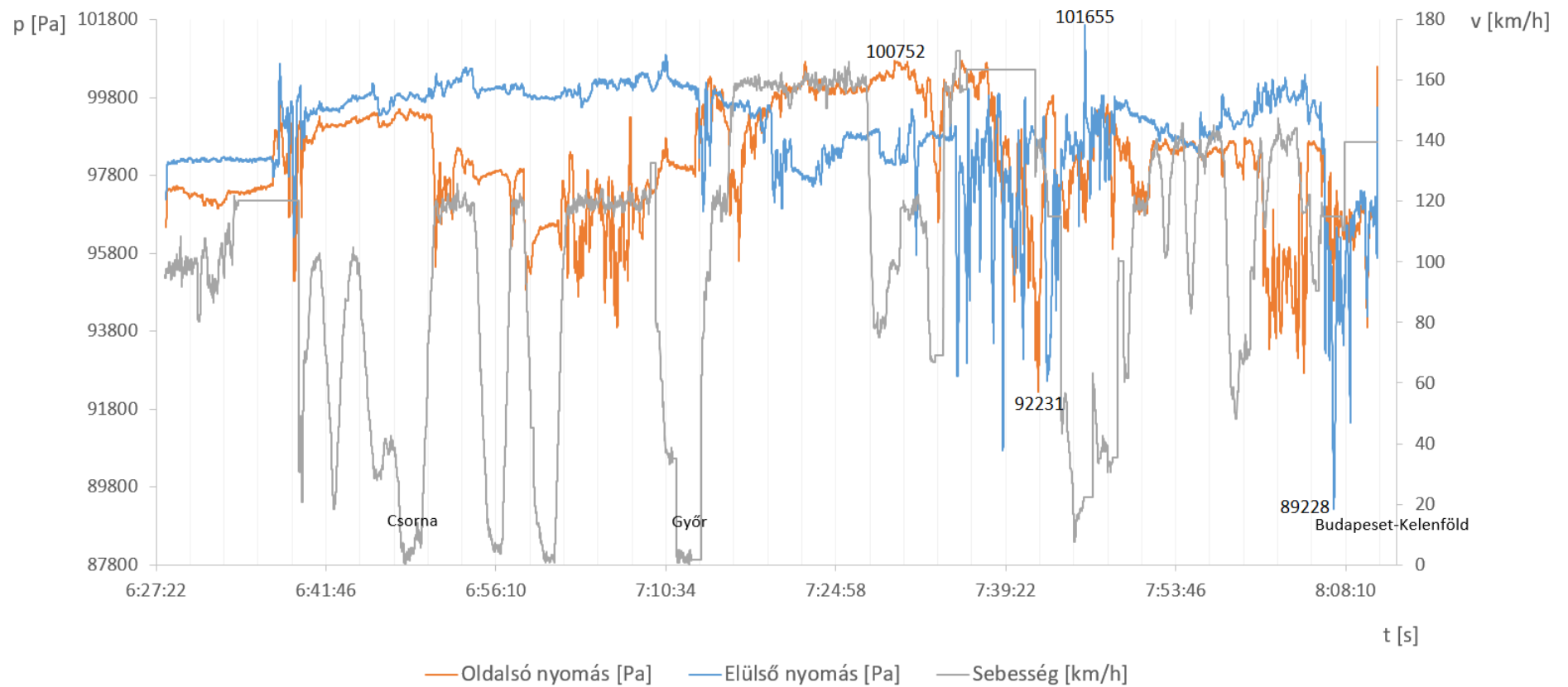
2. melléklet 15. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomástengelyű diagramban



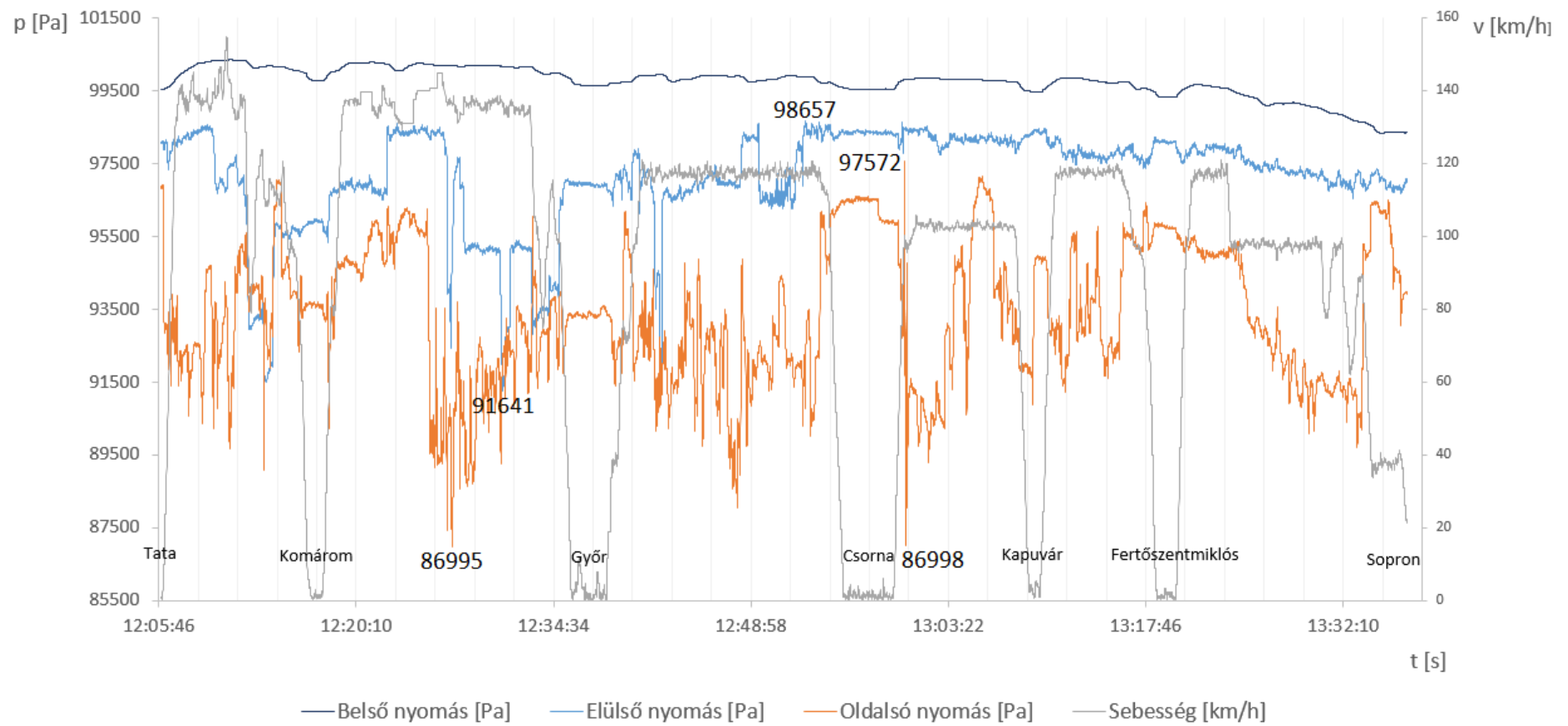
2. melléklet 16. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban



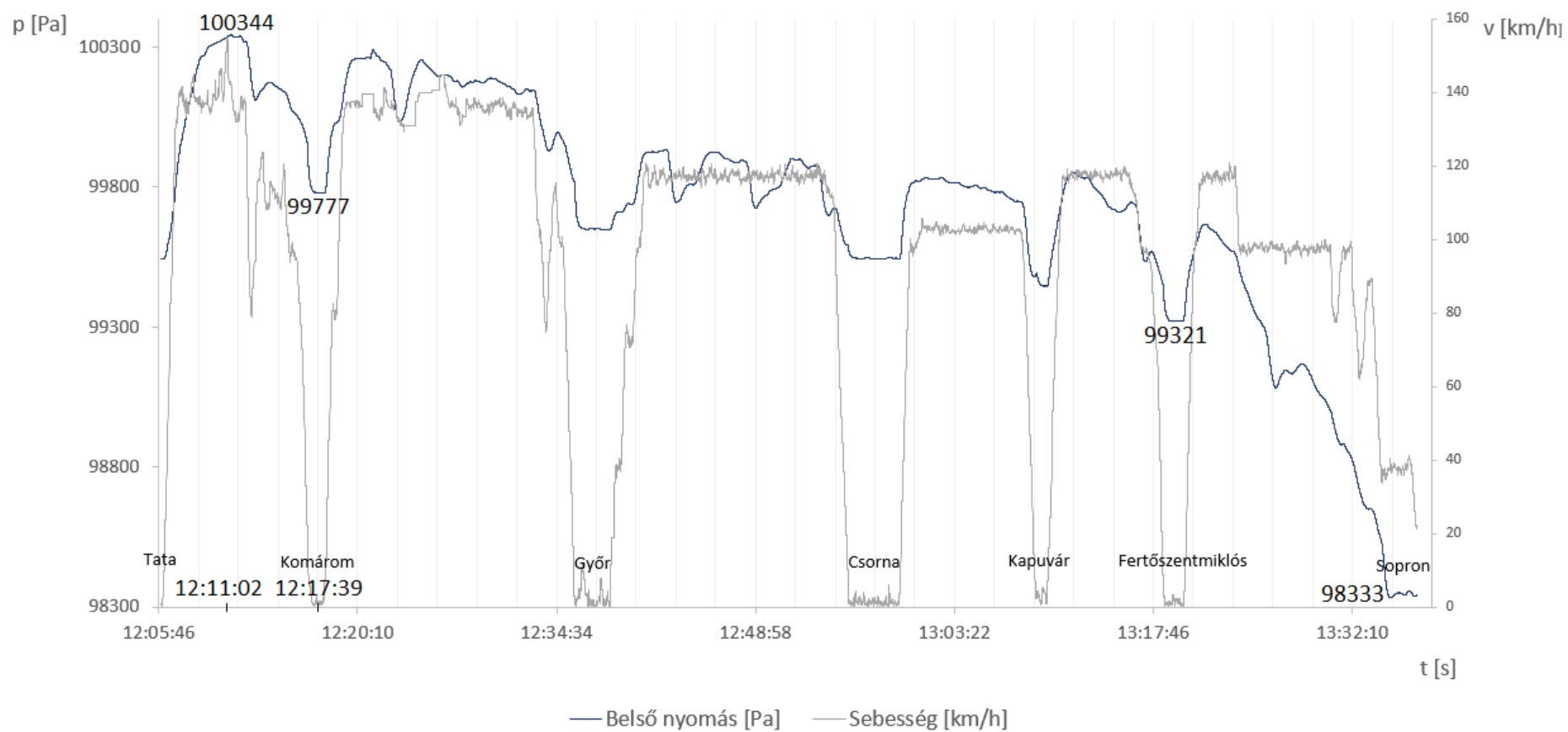
2. melléklet 17. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek megjelenítése diagramban



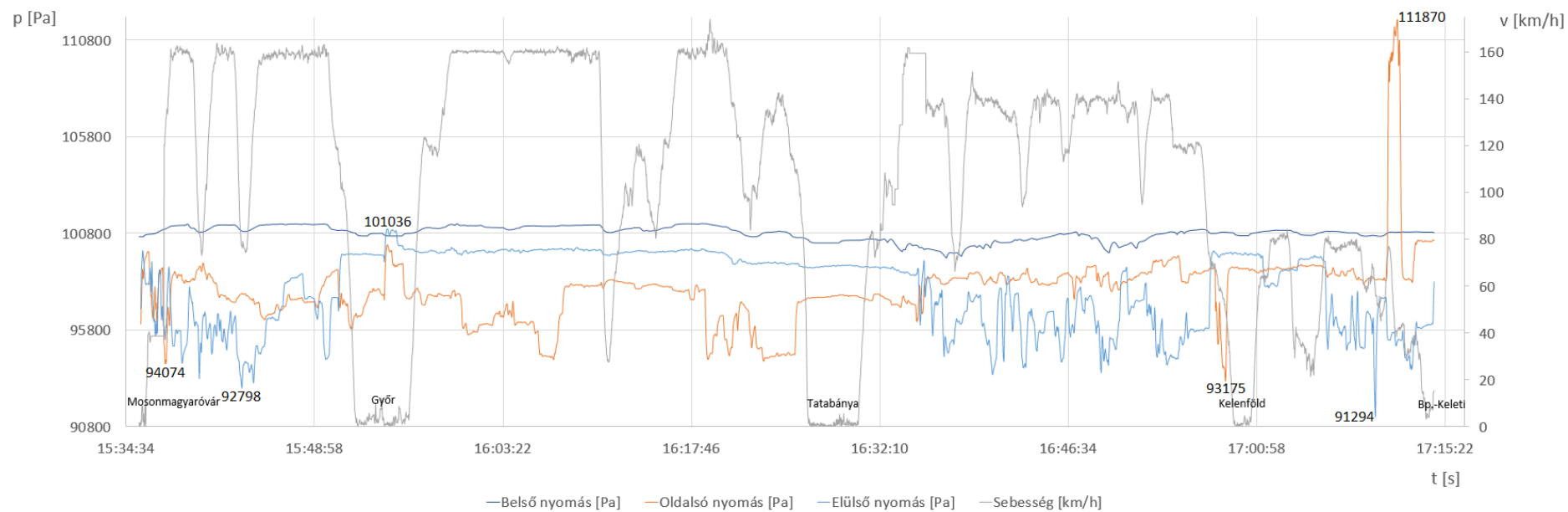
2. melléklet 18. ábra: Mérési adatok megjelenítése diagramban



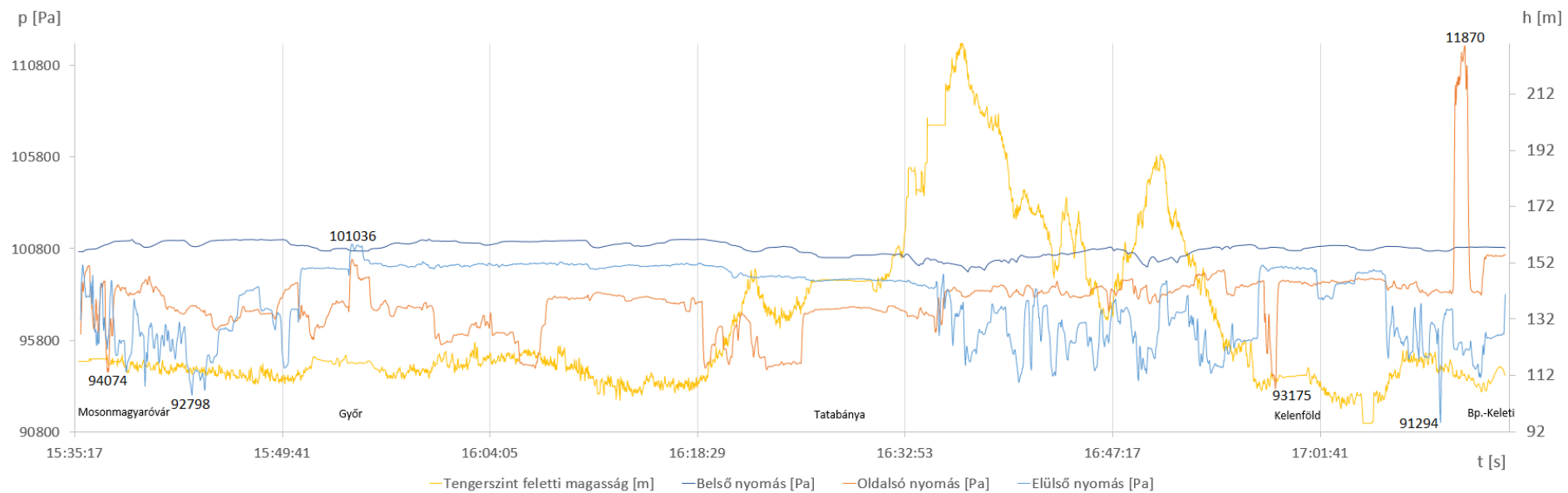
2. melléklet 19. ábra: Mérési adatok megjelenítése diagramban



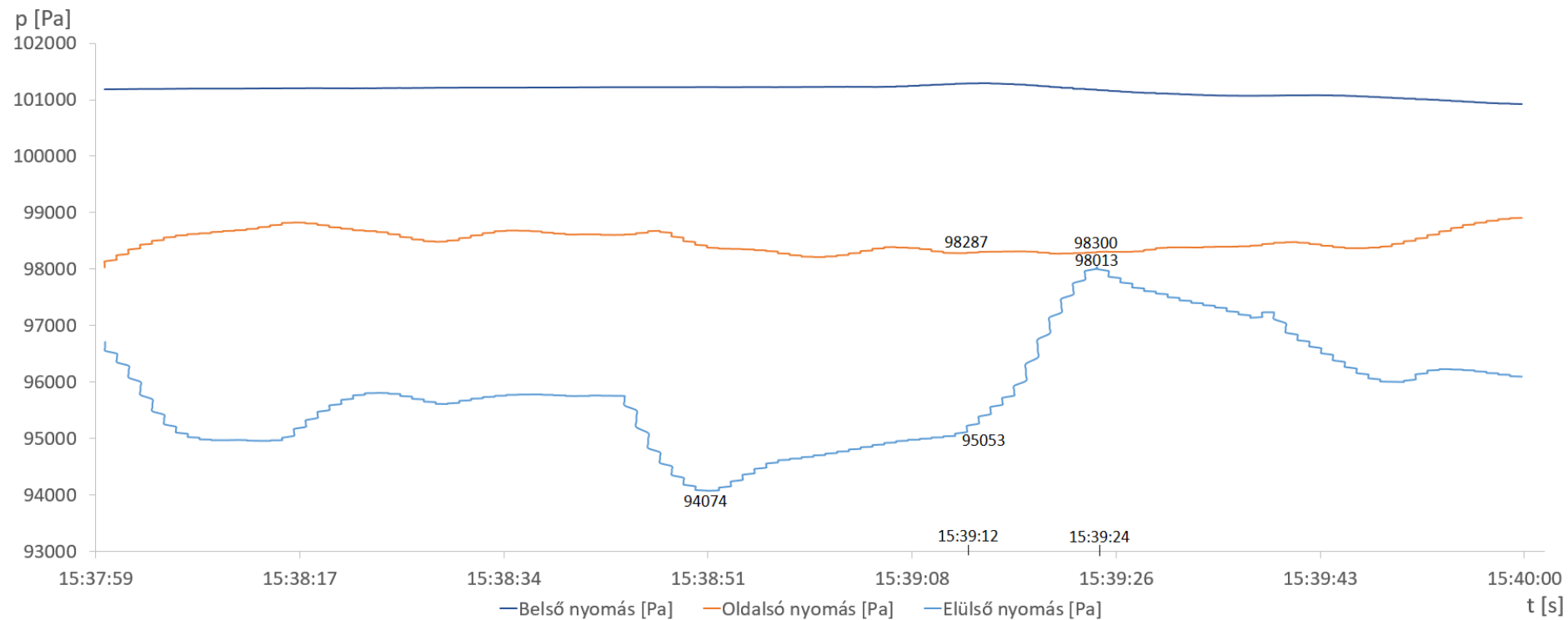
2. melléklet 20. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek megjelenítése diagramban



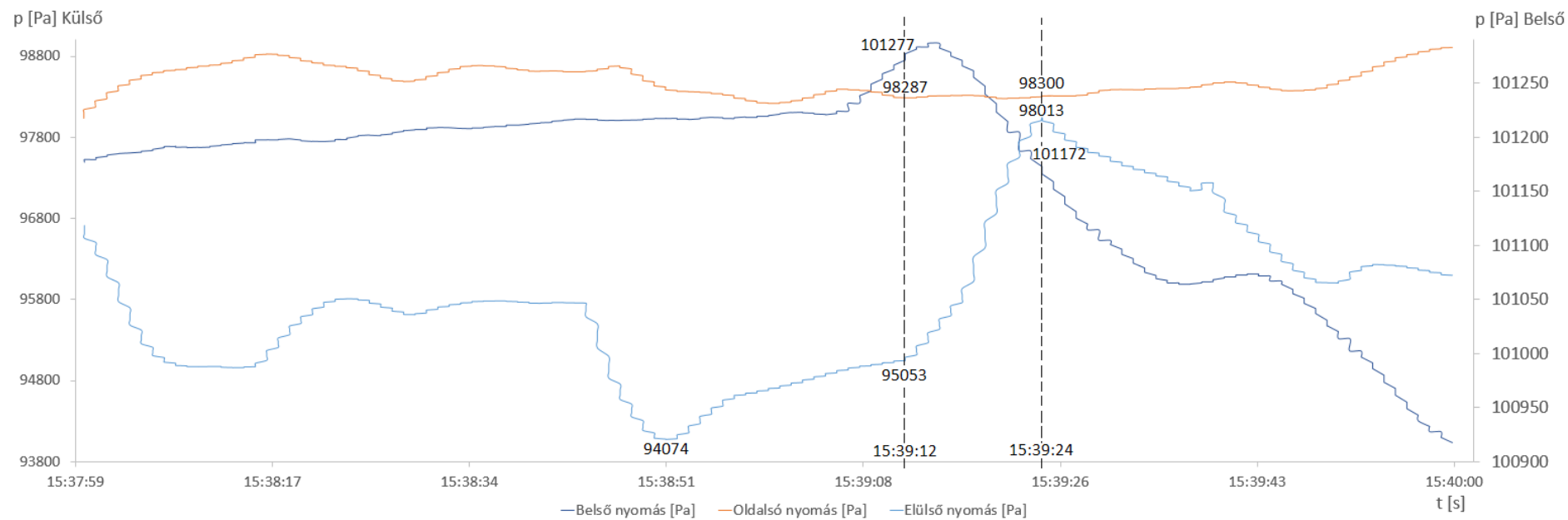
2. melléklet 21. ábra: TRAXX mozdony mérési adatok megjelenítése diagramban



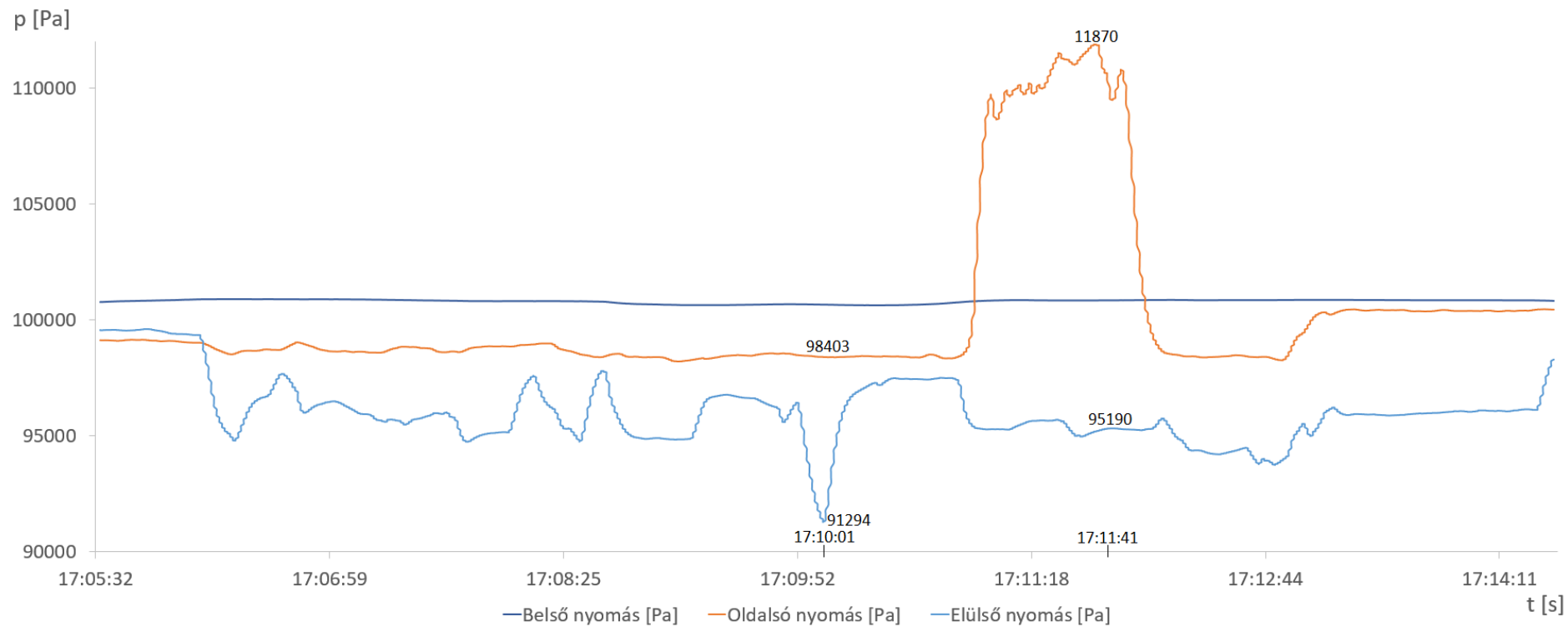
2. melléklet 22. ábra: A nyomásadatok és a tengerszint feletti magasság megjelenítése diagramban



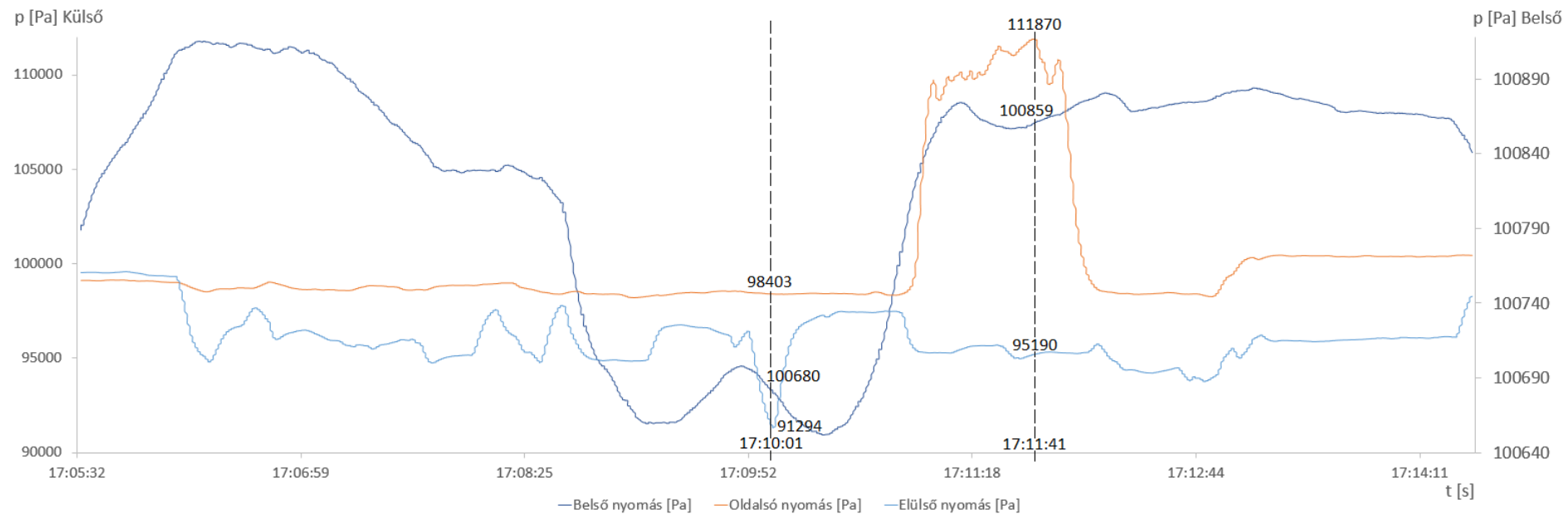
2. melléklet 23. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban



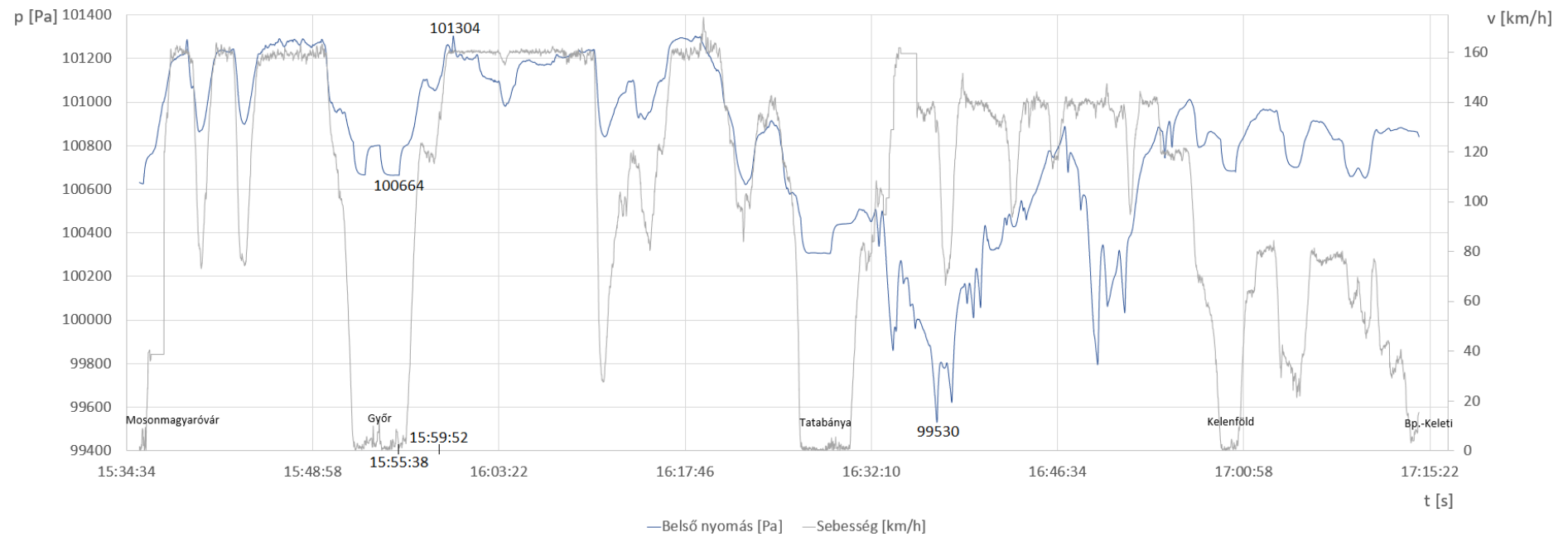
2. melléklet 24. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomásléptékű diagramban



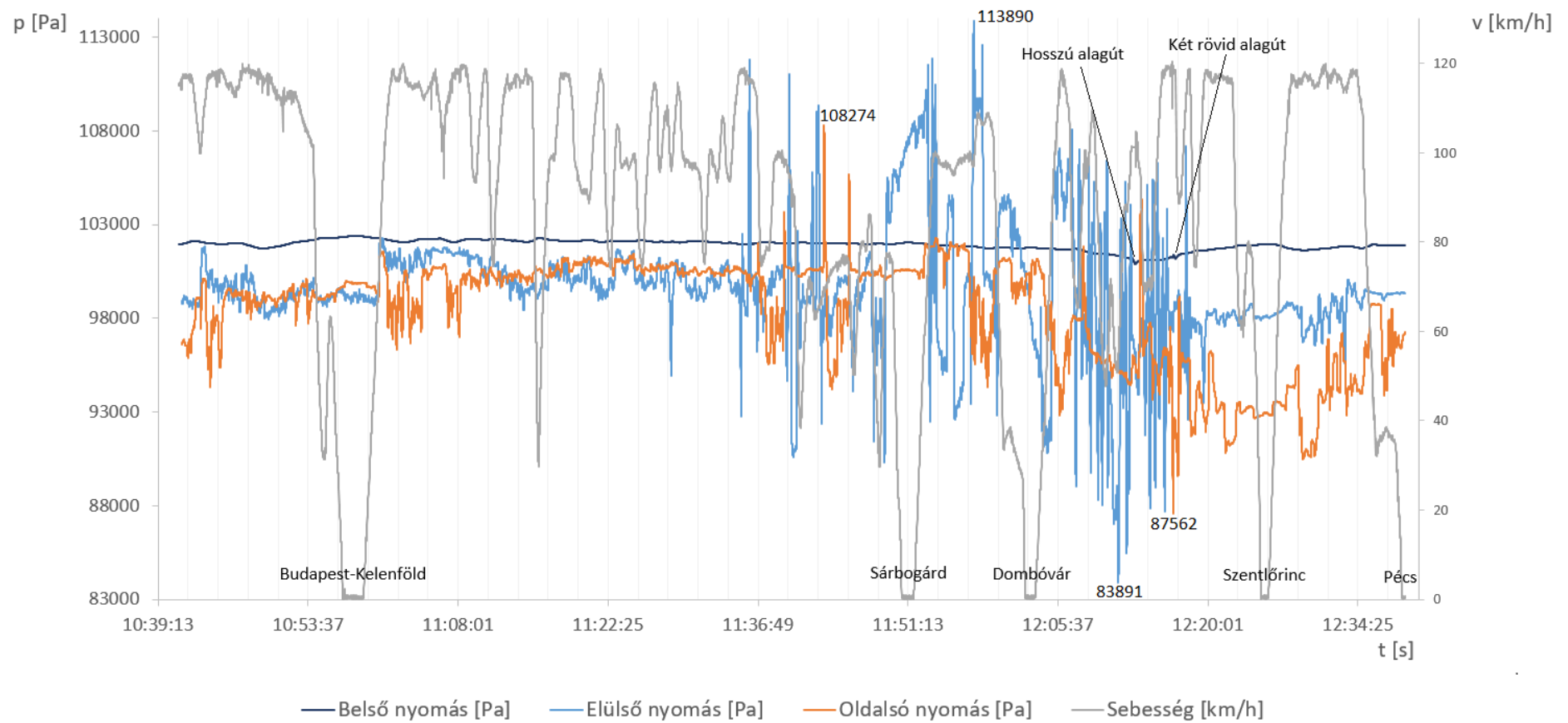
2. melléklet 25. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése diagramban



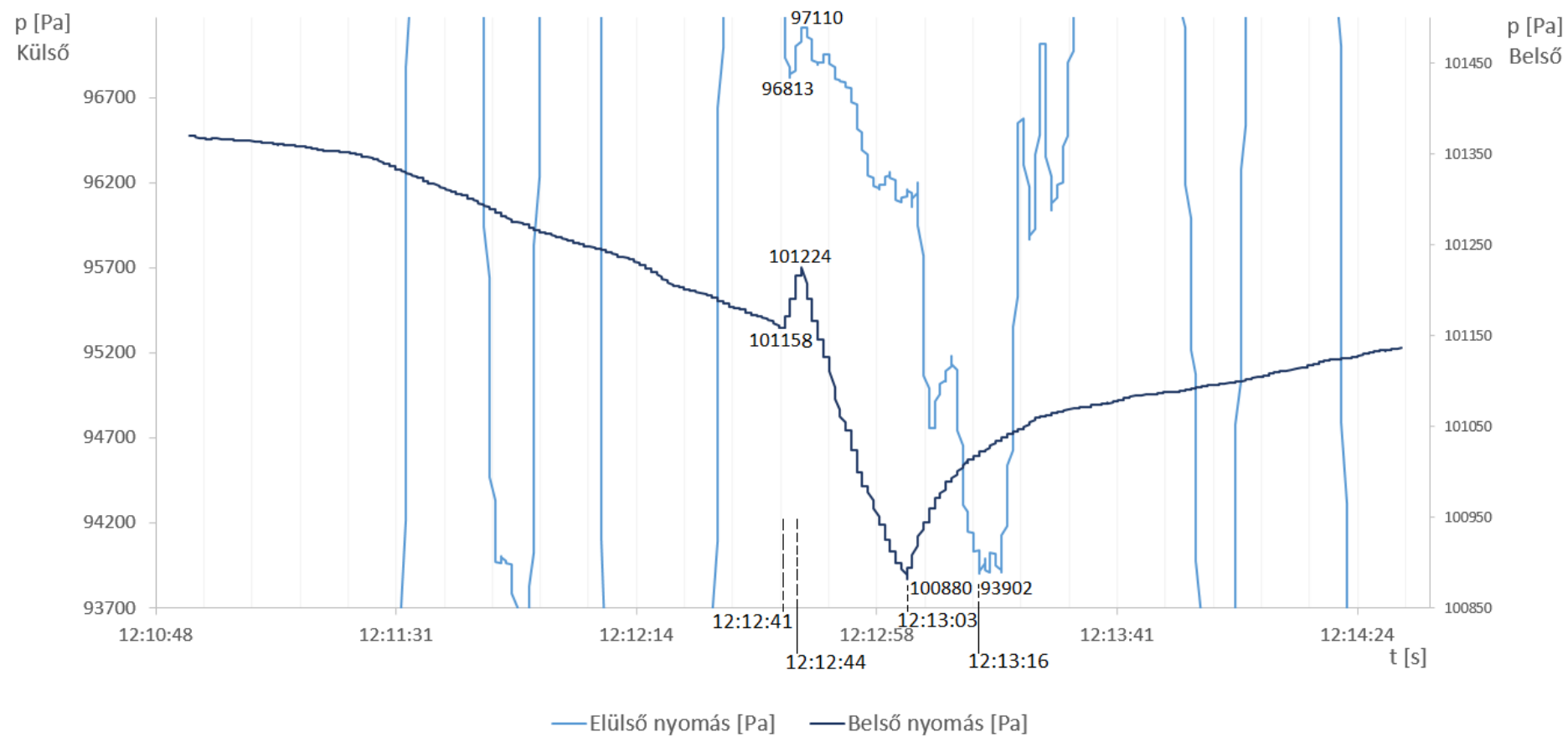
2. melléklet 26. ábra: Szűkített mérési adatok megjelenítése két nyomástengelyű diagramban



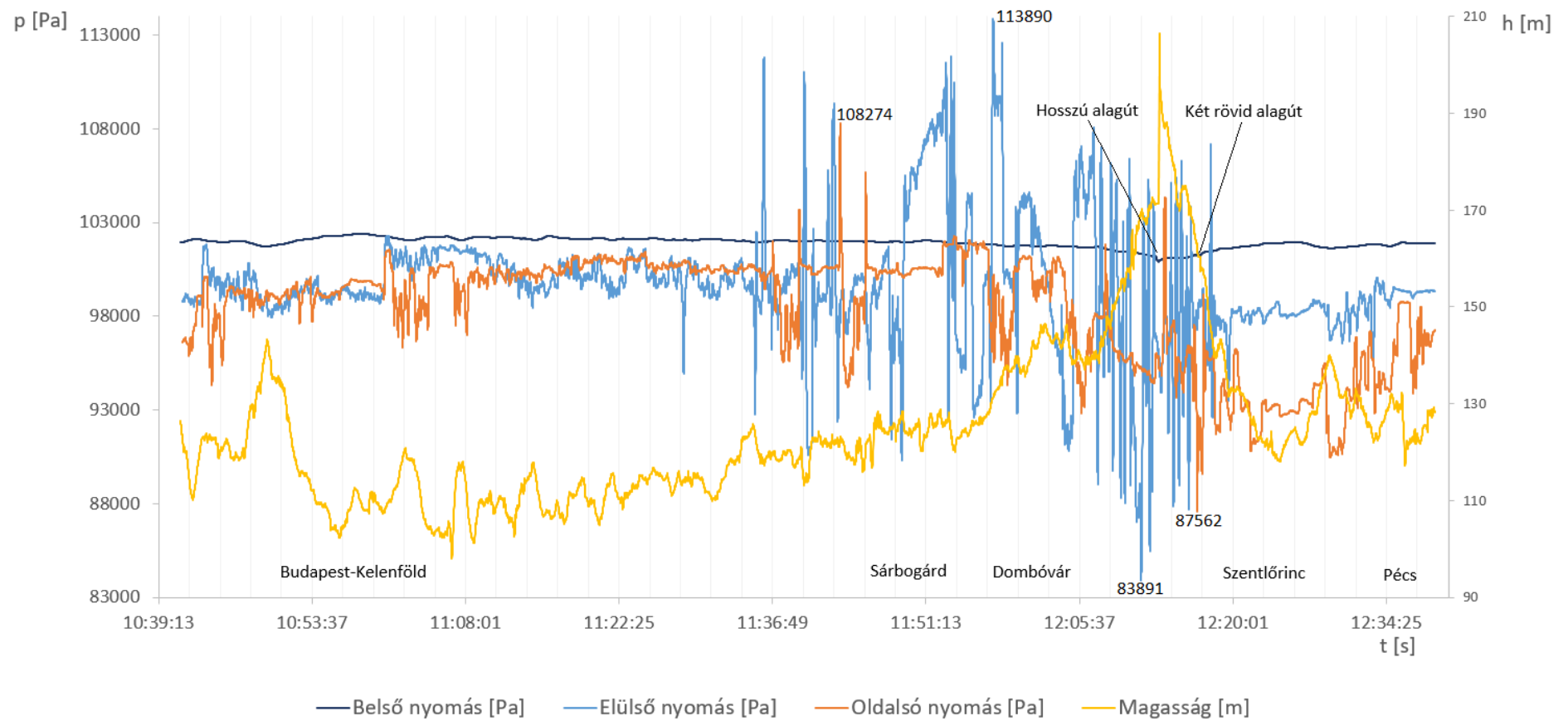
2. melléklet 27. ábra: Vezetőállás belső nyomásértékek és sebesség megjelenítése diagramban



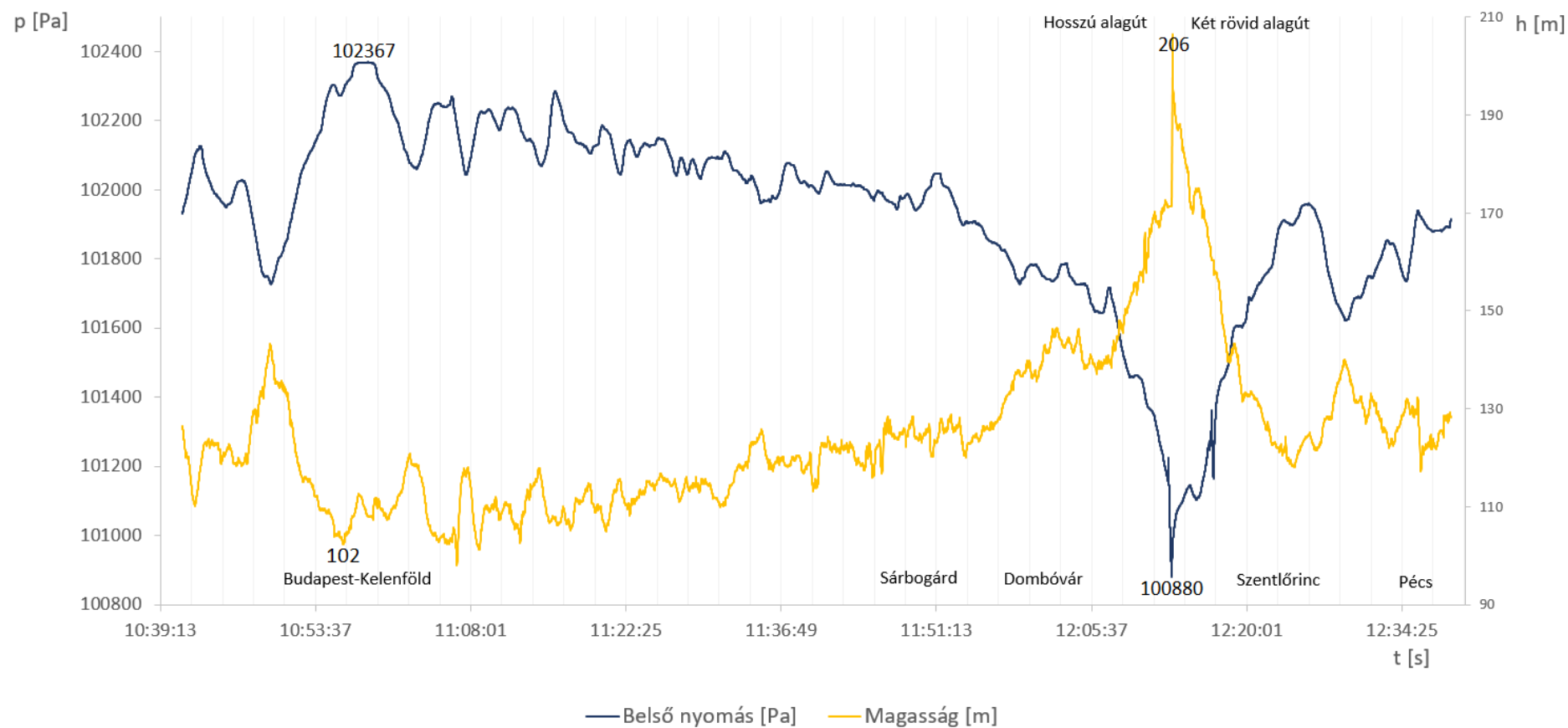
2. melléklet 28. ábra: A V43-as mozdony mért értékei megjelenítése diagramban



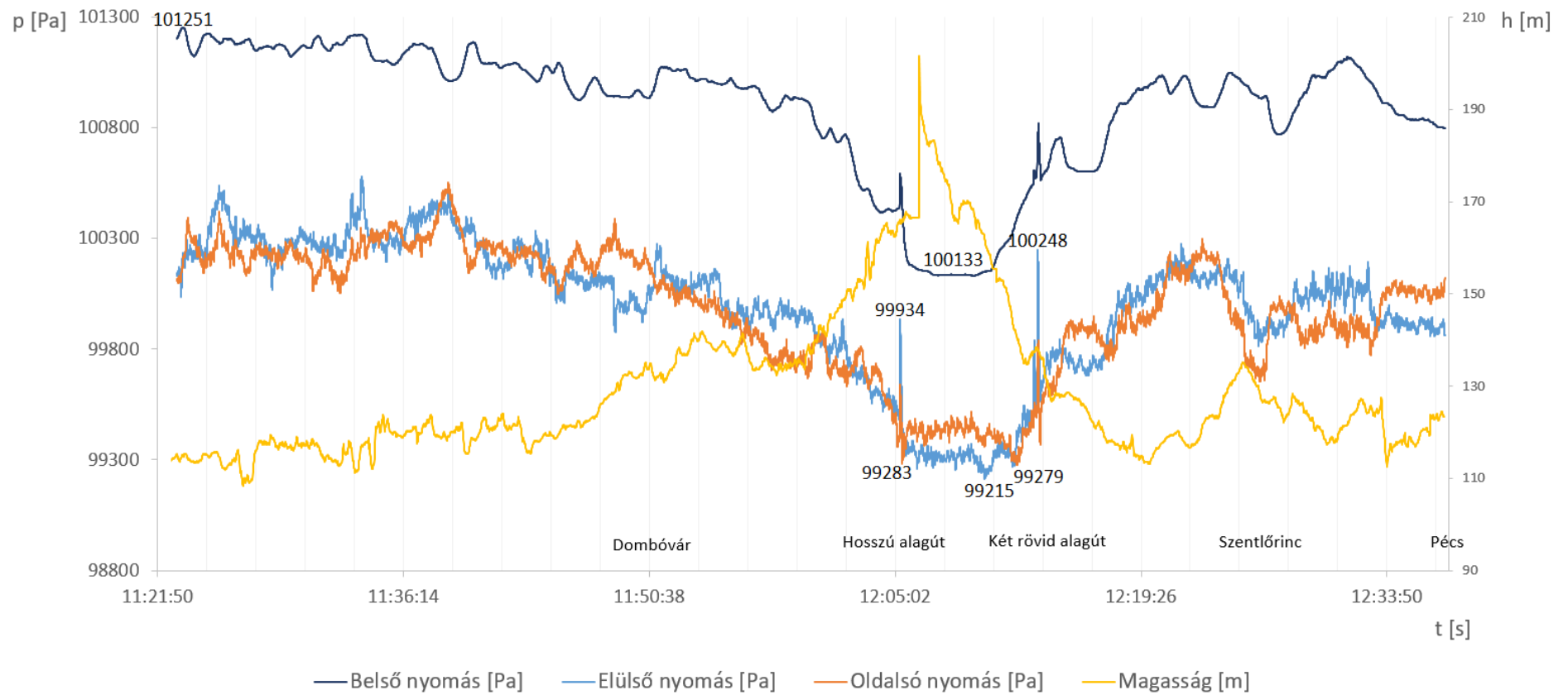
2. melléklet 29. ábra: A V43-as mozdony alagútba haladásakor mért értékei megjelenítése diagramban



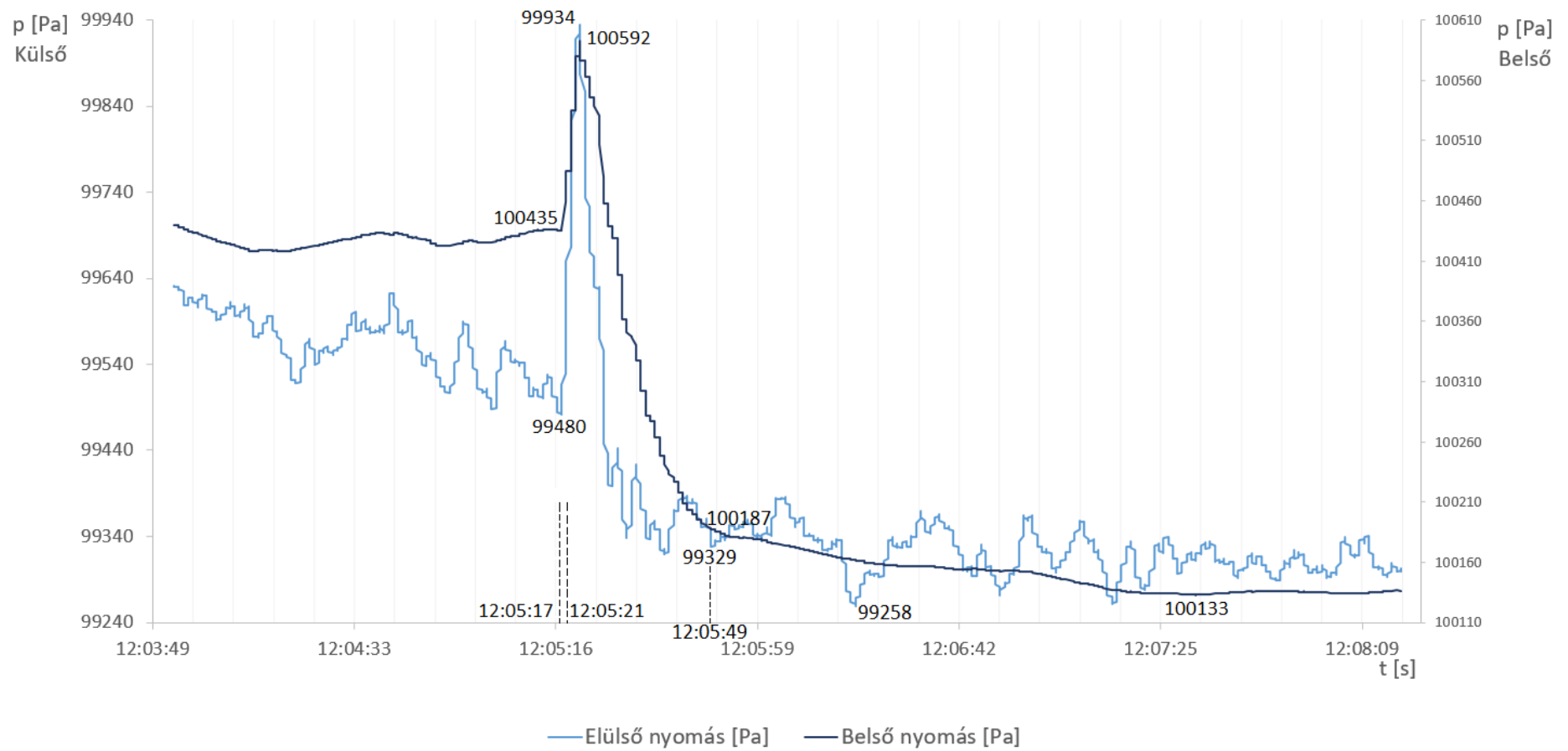
2. melléklet 30. ábra: A V43-as mozdony mért értékei megjelenítése diagramban a magasságadatok megjelenítésével



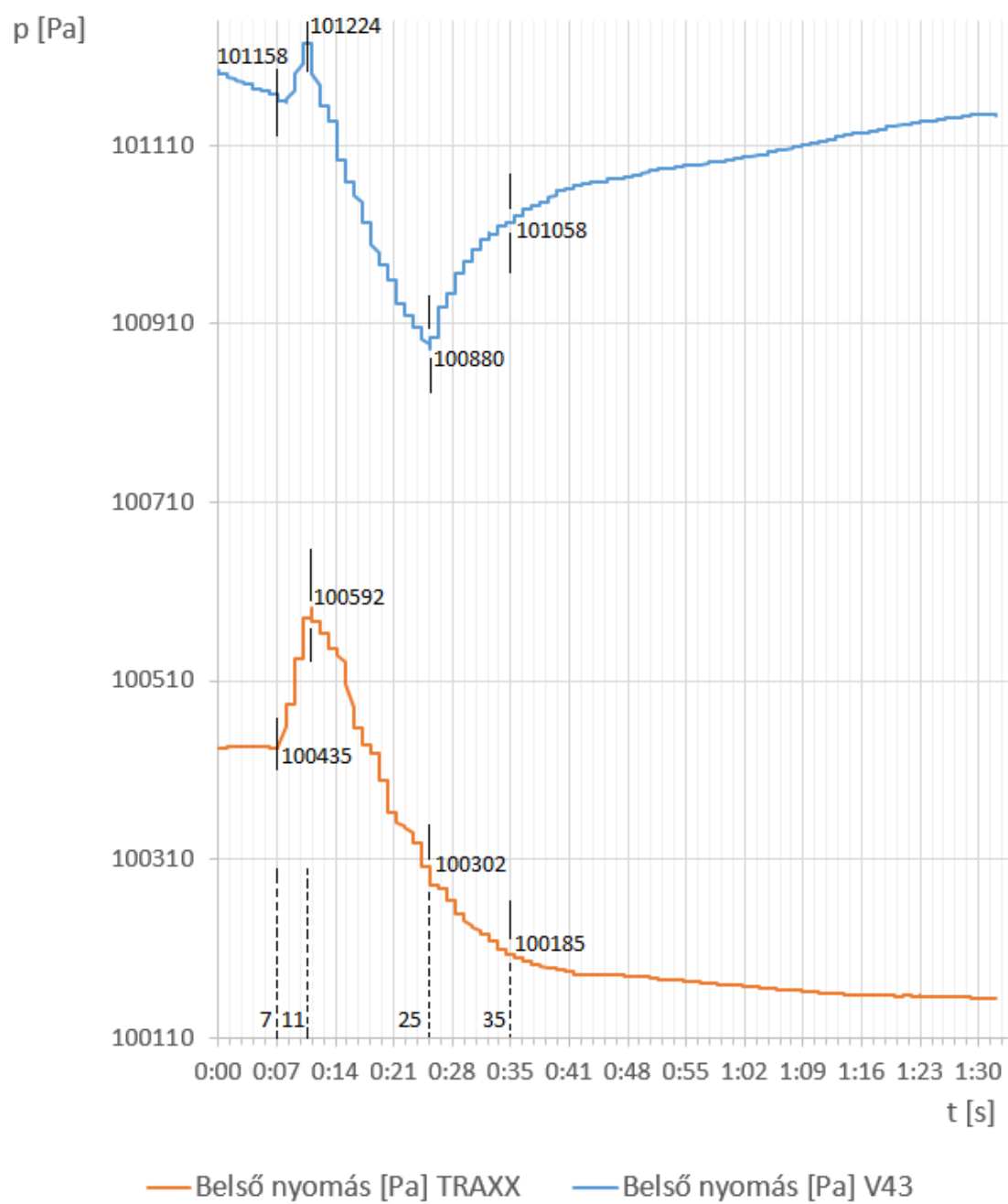
2. melléklet 31. ábra: A V43-as mozdony vezetőállás nyomás és a magassági adatok közös diagramban



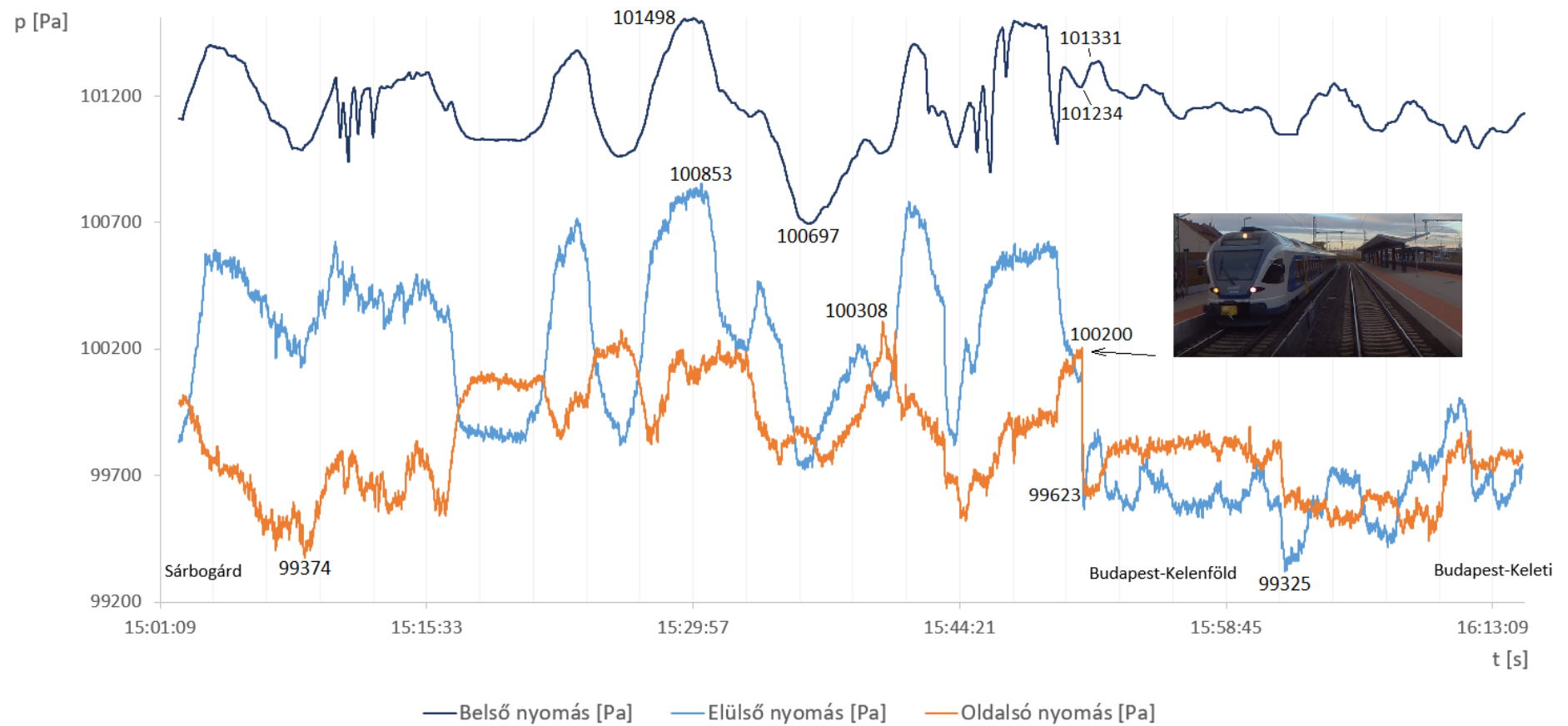
2. melléklet 32. ábra: A TRAXX mozdony mért értékei megjelenítése diagramban



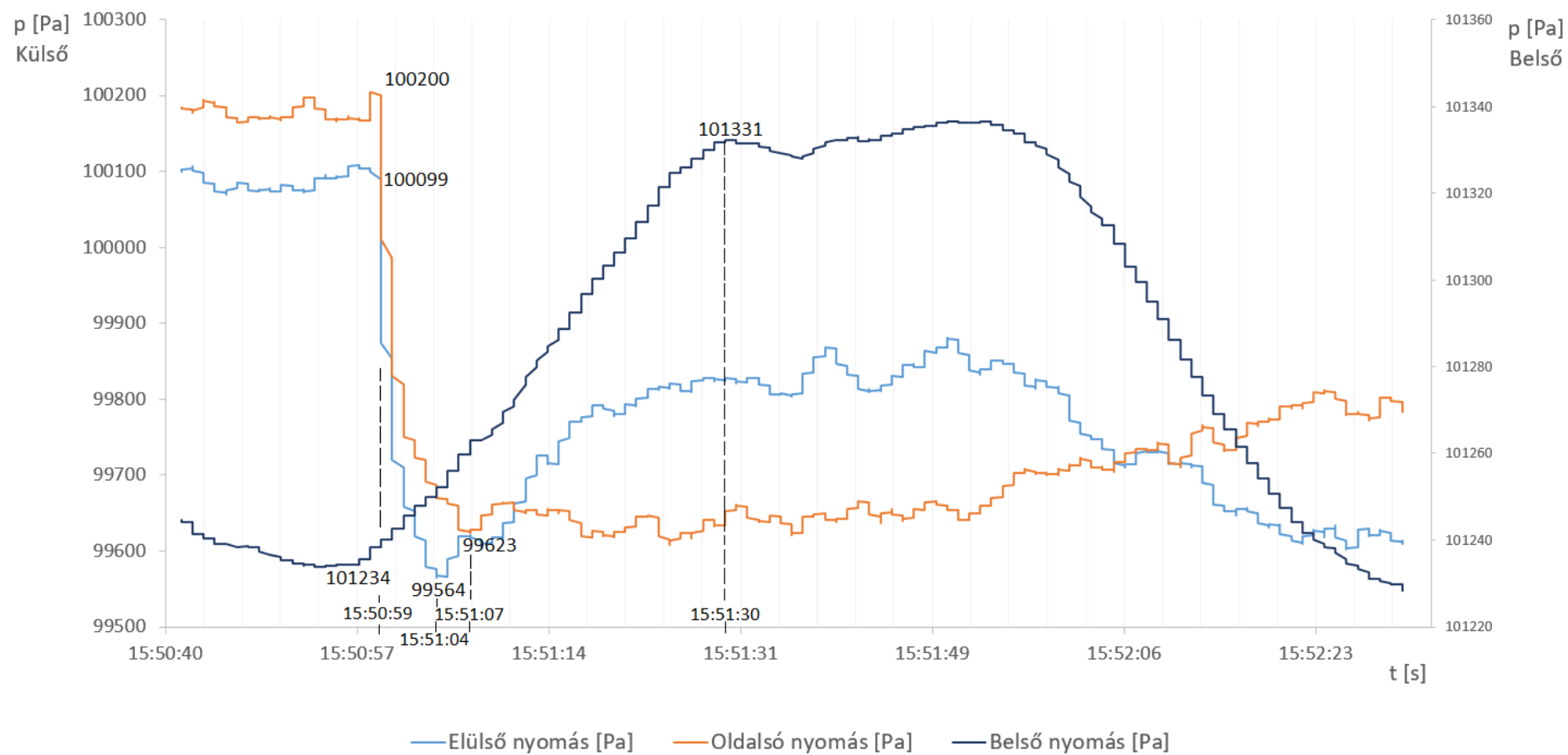
2. melléklet 33. ábra: A TRAXX mozdony alagútba haladásakor mért értékei megjelenítése diagramban



2. melléklet 34. ábra: A két nyomásérték megjelenítése egy diagramban



2. melléklet 35. ábra: A TRAXX mozdony FLIRT motorvonattal való találkozásakor mért értékek megjelenítése diagramban



2. melléklet 36. ábra: A TRAXX mozdony FLIRT motorvonattal való találkozásakor mért értékek megjelenítése, a találkozás pillanatának kiemelésével

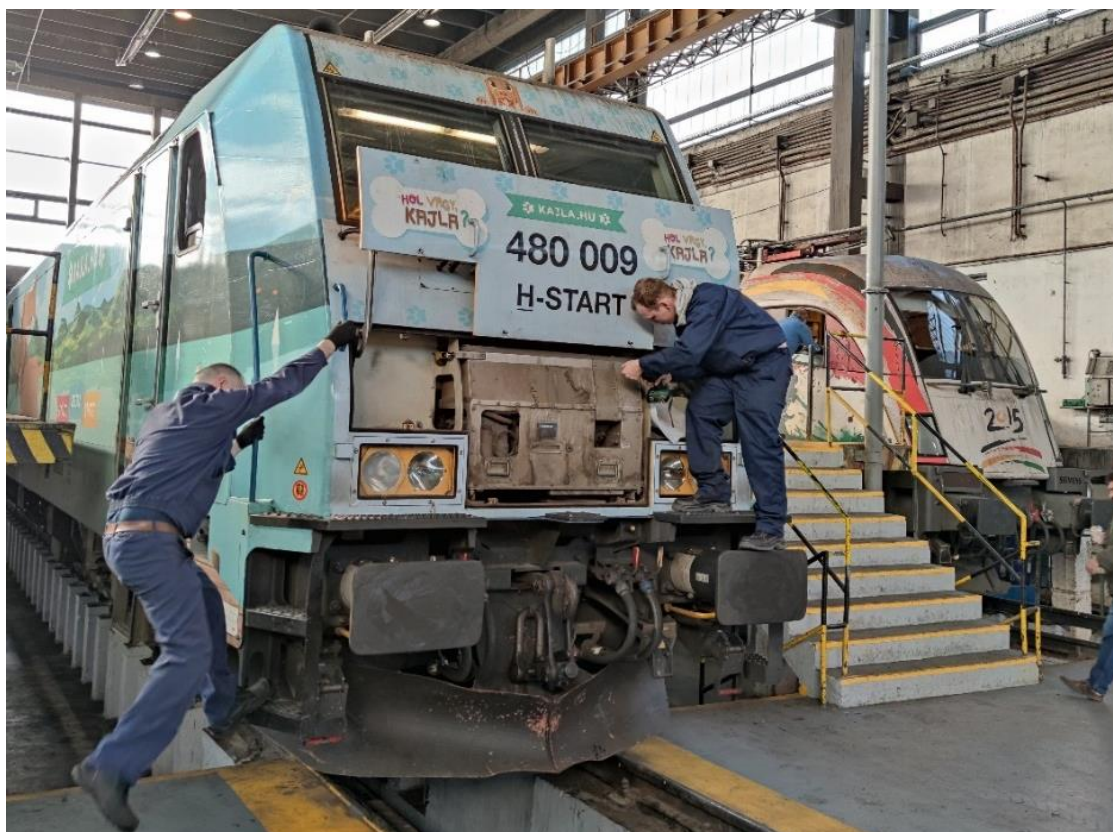
3. melléklet: Magyarországon közlekedő, nyomástömör vezetőállású vasúti járművek klímarendszerének kialakítása

3.1 *Bombardier TRAXX*

Ebben a mozdonyban kívülről szerelhető, az orrba keresztbe beépített klímaegység van. Van nyomáscsúcs kiegészítő rendszer is beépítve, ami kapcsolható. Az **3. melléklet 1. ábrán** a mozdony látható. A **3. melléklet 2. ábrán** a keresztben beépített klímaberendezés vehető szemügyre.



3. melléklet 1. ábra: TRAXX mozdony



3. melléklet 2. ábra: TRAXX mozdony kinyitott orrburkolattal

A 3. melléklet 3. ábrán a klímaberendezés adattáblája látható.

LIEBHERR			
Kompaktkälteaggregat			
Identnummer	3EGM090800R0001		
Baujahr/Montagekennung	2011		
Fabriknummer	1624002187/1086 LTM		
Kältemittel	R134a		
Füllmenge (Gerät/Anlage)	1.2	kg /	kg
Zul. Betriebs-Überdruck	2.3 MPa	/	74°C
Spannung/Frequenz	460	V /	60 Hz
Steuerspannung	110	V DC	
Heizung	460	V /	60 Hz
Gewicht	139		kg

3. melléklet 3. ábra: TRAXX mozdony klímaberendezés adattáblája

3.2 SIEMENS Taurus

Ebben a mozdonyban a klímakészülék a vezetőpult alá került elhelyezésre. A kocsí hossz tengelyével megegyező az egység hossz tengelyének beépítési iránya. Ennél a járműnél is van nyomáscsúcs kiegészítő rendszer beépítve, am szintén kapcsolható. A **3. melléklet 4. ábrán** a mozdony látható. Az **3. melléklet 5. ábrán** a vezetőpult alatt elhelyezett készülék vehető szemügyre.



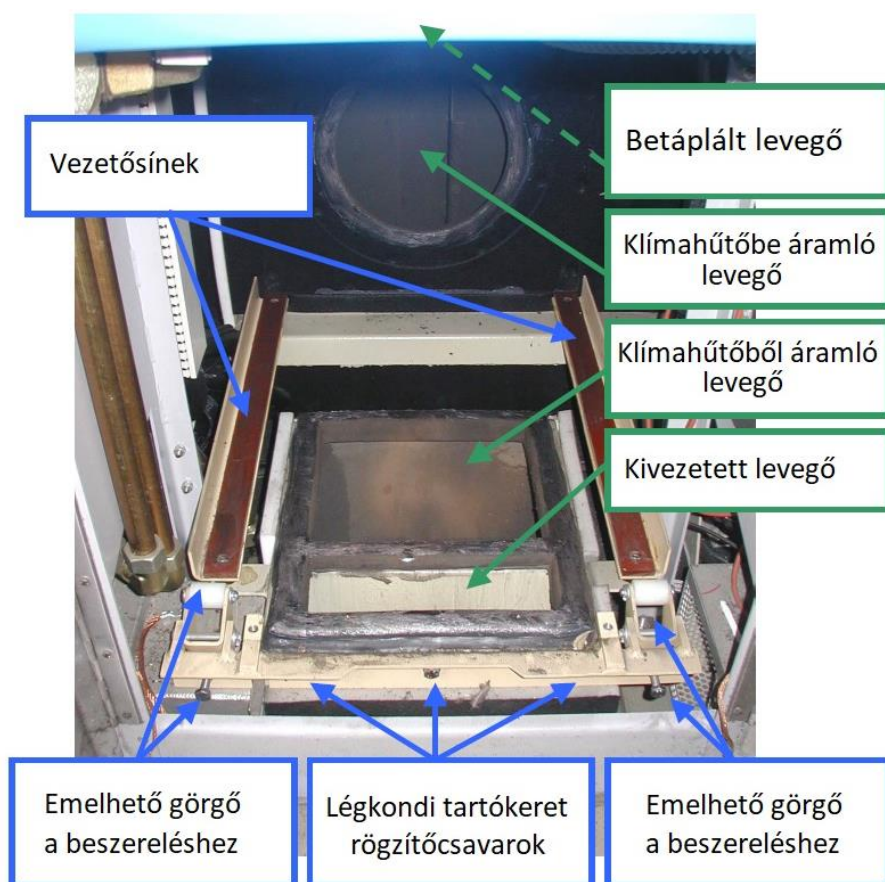
3. melléklet 4. ábra: Taurus mozdony

(forrás: http://gigantclub.hu/gigant_club/pic/at/electric/1116/11160017_1.JPG)



3. melléklet 5. ábra: A vezetőpult alatt hosszában elhelyezett készülék

A 3. melléklet 6. ábrán a klímakészülék helye látható a csatlakozási kialakításokkal.



3. melléklet 6. ábra: A klímakészülék beépítési helye
(forrás: SIEMENS Taurus szerelési utasítás, saját fordítás)

A 3. melléklet 7. ábrán a klímaberendezés adattáblája látható.



3. melléklet 7. ábra: Taurus mozdony klímaberendezés adattáblája

3.3 SIEMENS Vectron

Ebben a mozdonyban a Traxx mozdonyhoz hasonlóan, kívülről szerelhető, az orrba keresztbe beépített klímaegység van szerelve. Van nyomáscsúcs kiegészítő rendszere. A **3. melléklet 8. ábrán** a mozdony látható. A **3. melléklet 9. ábrán** a keresztben beépített klímaberendezés vehető szemügyre.



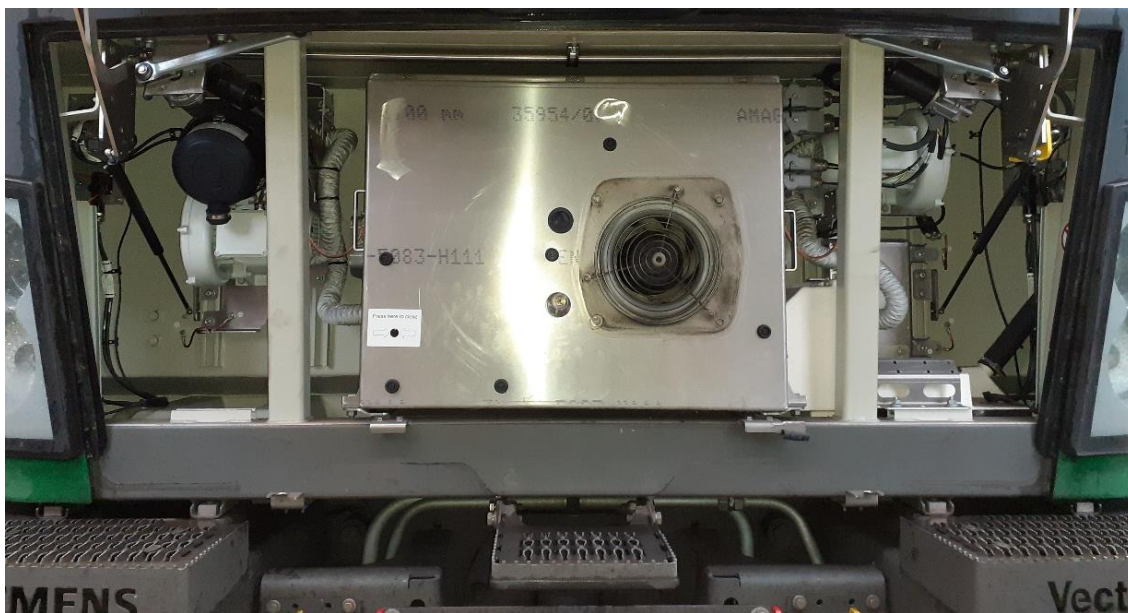
3. melléklet 8. ábra: Vectron mozdony

(forrás: <https://indafoto.hu/boeingbalint/image/26580063-872264ee/user#nagyitas>)



3. melléklet 9. ábra: Vectron mozdony kinyitott orrburkolattal

A **3. melléklet 10. ábrán** a nyomáscsúcs kiegészítő rendszer kétoldalt elhelyezkedő ventilátorai láthatók.



3. melléklet 10. ábra: Vectron mozdony túlnyomás elkerülő rendszerrel

A **3. melléklet 11. ábrán** a túlnyomást biztosító ventilátor és a frisslevegő szűrőház, eltávolított szűrőbetéttel látható.



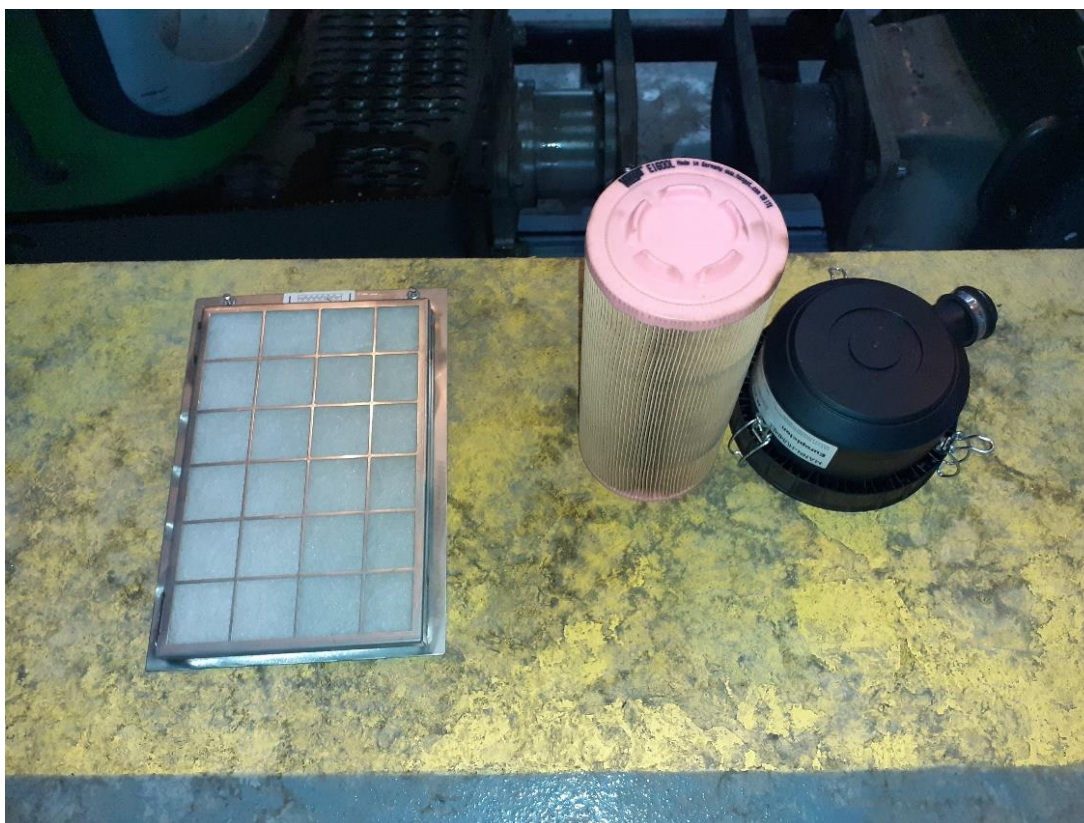
3. melléklet 11. ábra: Az egyik túlnyomást biztosító ventilátor beépítési helye

A **3. melléklet 12. ábrán** a klímaberendezés adattáblája látható.

 Faiveley Transport A Webtec Company		FT Leipzig GmbH & Co. KG D-04435 Schkeuditz, Industriestrasse 60																															
Typ	KKG																																
Baujahr	2021	Serien-Nr.	Ident-Nr. Zähl-Nr. FT0207489-101 - 0577																														
Masse	215 kg	Siemens-Nr.	A2V00002772528																														
Kältemittel	R134a	max. Betriebsdruck	25 bar																														
Q ₀	5,9kW	Q _H	7,5kW																														
U _{N1}	440V-3-60Hz	U _{N2}	24VDC																														
Modifikationsstatus	<table border="1"> <tr> <td>☒</td><td>☒</td><td>☒</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td> </tr> <tr> <td>N</td><td>O</td><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td></td><td></td> </tr> </table>			☒	☒	☒	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		
☒	☒	☒	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																					
Füllmenge	2,4 kg																																

3. melléklet 12. ábra: Vectron mozdony klímaberendezés adattáblája

A **3. melléklet 13. ábrán** a cserére szoruló hengeres frisslevegő szűrő és a téglatest alakú keringetett levegő szűrőbetét látható a frisslevegő szűrő fedelével.



3. melléklet 13. ábra: Vectron mozdony klímaberendezés szűrői és szűrőház fedele

3.4 Stadler FLIRT

Ebben a motorvonatban a klímaegység oldalról, kívülről szerelhető. A frisslevegő beszívás csappantyúval zárható. A **3. melléklet 14. ábrán** a mozdony látható. A **3. melléklet 15. ábrán** az oldalt beépített klímaberendezés vehető szemügyre.



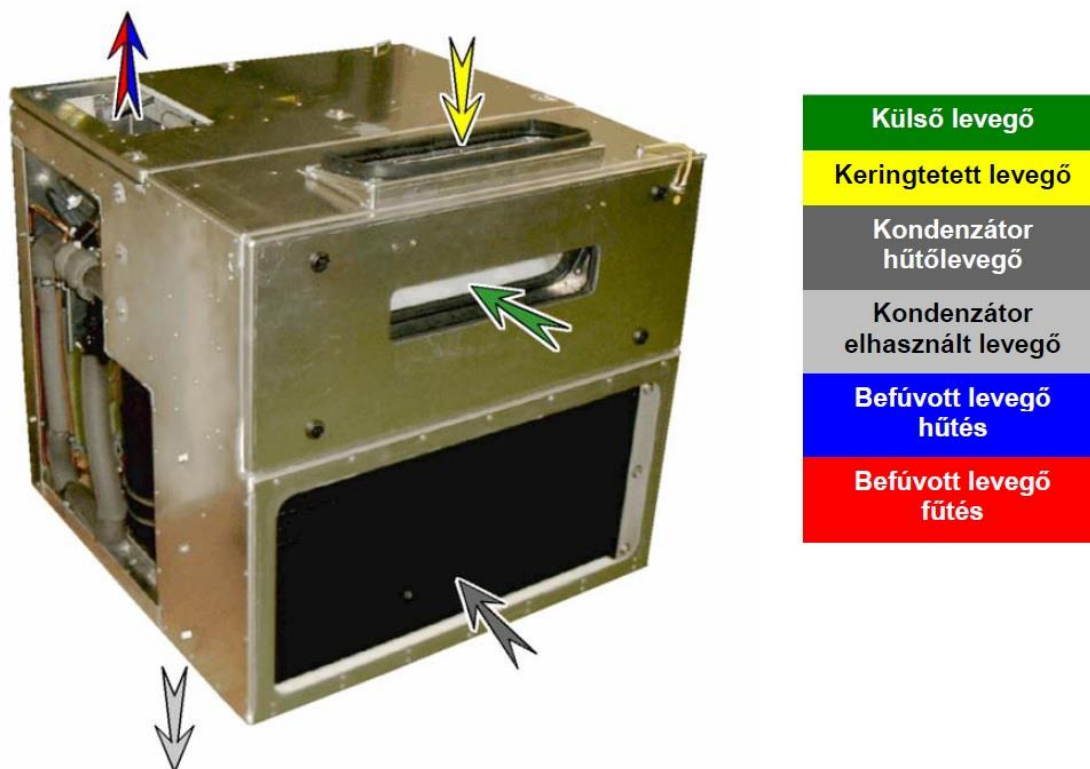
3. melléklet 14. ábra: FLIRT motorvonat

(forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Stadler_FLIRT#/media/F%C3%A1jl:Z72_Pilisv%C3%B6r%C3%B6sv%C3%A1r.jpg)



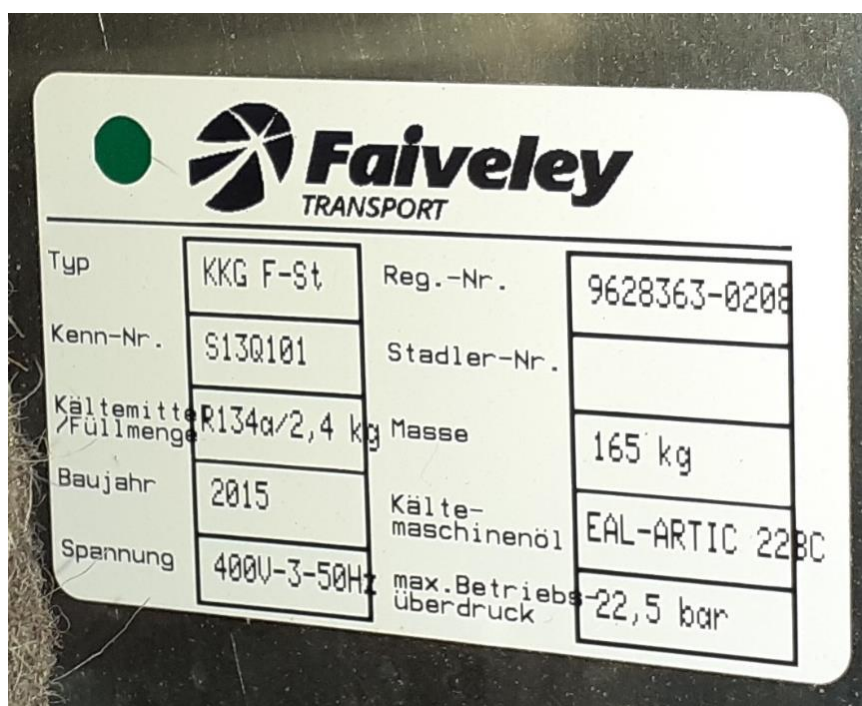
3. melléklet 15. ábra: A klímaegység beépítési helye

A 3. melléklet 16. ábrán a FLIRT klímaegységének a csatlakozási sémája látható.



3. melléklet 16. ábra: A klímaegység levegőelosztása
(forrás: FLIRT felhasználói kézikönyv)

A 3. melléklet 17. ábrán a klímaberendezés adattáblája látható.



3. melléklet 17. ábra: FLIRT motorvonat klímaberendezés adattáblája