

A végleges modell célja az, hogy a járműpark buszainak összes üzemanyag-fogyasztását minimálisra csökkentse. Ehhez különböző korlátozásoknak kell megfelelni, mint például annak, hogy a nap végére minden buszjáratot el kell végezni. Figyelni kell a járatok összeférhetetlenségére. Vannak olyan járatok, amiket nem tud ugyanaz a busz elvégezni, mert például egy időben indulnak. Reggel legalább annyi töltése kell, hogy legyen a busznak, amivel odaér az első járat kezdési helyére és este annyi, hogy visszaérjen a depóba. Napközbe is mindig kell, hogy legyen annyi, hogy még odaérjen a töltőhelyre az adott járat elvégzése után. Egy busz által futott napi kilométer mennyiség úgy számítható ki, ha összeadjuk a depóból induló első járat, a depóba érkező utolsó járat, a járatok és a járatok között megtett távolságokat. Az energiafelhasználás a távolság szerinti fogyasztásként írható le.

Vannak olyan földrajzi helyek (állomások) melyek között szeretnénk egyik pontból a másikba átjutni. Ezek bizonyos távolságra vannak egymástól és vehetünk egy átlagos időt, ami alatt eljuthatunk egyik helyből a másikba. Ezen utazási igények alapján lettek megalkotva a számunkra teljesítendő járatok. Ezen járatok rendelkeznek kiindulási és befejezési ponttal, kezdési és befejezési idővel, valamint figyelembe kell venni a valódi távolságot a járat két végpontja között. A járatok elvégzésére hivatott buszflotta is rendelkezik különböző paraméterekkel. Minden busznak megvan a maga depója (ahonnan indul reggel és este ide tér vissza), maximális energiaszintje és kilométerenkénti energiafogyasztása. A buszoknak napközben is szüksége is lehet üzemanyag/energiapótlásra. Erre szolgálnak a töltőhelyek ahol a hiányzó mennyiségeket pótolni lehet. Ezek a töltőállomások az előbb említett földrajzi helyeken találhatóak. Itt egy adott időre kell érkezni a töltés megkezdéséhez, valamint egy adott időtartam áll rendelkezésre a feltöltésre.

A *Helyek* halmaz tartalmazza azokat a földrajzi helyeket, melyek a buszjáratok kezdő és végpontjául szolgálnak. A halmaz elemeinek egymáshoz viszonyított értékeit a *tav* és az *ido* paraméterek írják le, melyek a helyiségek közötti kilométerben megadott távolságot illetve az átlagos két helyiség közötti átjutási időt mutatják meg percben számítva.

Az elvégzendő buszjáratok a *Jaratok* halmazban találhatóak. A hozzá tartozó paraméterek a következők: *honnan* – a járat kiindulási helye, *hova* – a járat befejezésének helye, *mikortol* – a járat kezdési időpontja (percben), *meddig* – a járat befejezésének időpontja (percben), *tav2* – a valódi kilométerben mért távolság a járat két végpontja között (az az út, amit a busz bejár).

A *Toltohelyek* halmazban vannak azok a helyek, melyeken kivitelezhető a buszok energiafeltöltése. *TH* paraméter az időhorizontot hivatott szemléltetni, ami jelen esetben az utolsó járat befejezésének időpontja. A *toltes\_slot* nevű attribútum jelenti azt az egységnyi, percben mért időtartamot, ameddig a busz a töltőállomáson tartózkodva igénybe veszi az energiafeltöltést.

Azokat a járatokat, amik a buszok üzemanyagpótlására szolgálnak – a *Toltojaratok* halmazban találjuk. A *\_hely* és *\_slot* paraméterek ezen halmaz elemeinek részkarakterláncaiból állnak. A halmazhoz tartozó attribútumok, a *honnan\_tolto* és *hova\_tolto* a töltés helyét jelentik. A rendelkezésre álló időszak kezdési időpontját a *mikortol\_tolto* és befejezési időpontját a *meddig\_tolto* paraméterek tartalmazzák. A *tav2\_tolto* a töltés alatt megtett távolság relevánsan mindig nulla lesz. Az előzőekben felsorolt paraméterek megalkotása azért volt szükséges, hogy a járatokat egységesíteni lehessen, majd a későbbiekben a közös halmazra lehessen felírni a *Jaratok* és *Toltojaratok* halmazokra egyaránt vonatkozó korlátozásokat.

*MindenJarat* halmaz alkotja a *Jaratok* és *Toltojaratok* unióját. Paraméterei a *honnan\_minden*, *hova\_minden*, *mikortol\_minden*, *meddig\_minden*, *tav2\_minden* a járat milyenségének megfelelően adódik.

Azokat a járatpárokat, amiket nem tud egy busz elvégezni, mivel ütközés lépne fel a végrehajtás és köztes utazások összes időtartamában, a *kulonbozobusz* halmaz elemeiként jelennek meg a modellben.

Az utazáshoz *nBusz* mennyiségű busz áll rendelkezésre. Ezeket a járműveket a *Buszok* halmaz fogja egybe. Mindegyik busznak megvan az a hely, ahonnan reggel elindul, és este visszaérkezik, ezt a helyet a *depo* paraméter jelöli. Azt a maximális energiaszintet, amire egy buszt fel lehet tölteni a *maxtoltes* attribútum, a kilométerenkénti energiafogyasztást pedig a *fogyasztas* tartalmazza.

A modell négy bináris változót használ. Azt, hogy melyik járatot ténylegesen melyik busz végzi el a *hozzarendel* változó jelöli. Két járat közötti átjárást az *atmegy* változó értéke adja. Az *elsojaratae* és az *utolsojaratae* változók azt mutatják meg, hogy egy adott járat egy busznak az első illetve utolsó járata-e, miután a depóból elindul, illetve mielőtt a depóba megérkezik.

A buszok által megtett kilométereket az *osszhasznalat*, az ezalatt felhasznált energiamennyiséget az *osszfogyasztas* változóval számoljuk. Egy busz adott járat előtti és utáni töltöttségi szintjét a *toltottsege* és *toltottsegu* változók értékei mutatják meg. A nap eleji

elinduláshoz és a nap végi beérkezéshez szükséges minimális energiamennyiségeket a *tolteselejen* és *toltesvegen* változókkal jelölhetjük.

A modell a következő korlátozásokat tartalmazza:

A menetrendszerinti járatokat mindenképp el kell végezni (*mindenJaratElvegezve1*), illetve a napközbeni töltés-szükségletet a töltőjáratokkal kell egyensúlyba hozni (*mindenJaratElvegezve2*).

Az *OsszeferhetetlenJaratok* azt határozza meg, hogy két egymással nem összeegyeztethető járat nem rendelhető hozzá ugyanahhoz a buszhoz.

Amennyiben két járat hozzá van rendelve egy buszhoz és nincs a két járat között más köztes járat, akkor ez azt jelenti, hogy a busz az egyik járatból a másikba közvetlenül átmegy. (*Atmegyconstraint*) Ez a korlátozás két másikkal tovább élesíthető. (*Atmegyconstraint\_elesito*, *Atmegyconstraint\_elesito*)

Egy busz első és utolsó járatához, hasonló korlátozások vannak meghatározva. Egy busznak csak akkor lehet első illetve utolsó járatáról beszélni, ha van bármilyen járat hozzárendelve az adott buszhoz (*CsakAkkorLehetElsoHaHozzarendelt*, *CsakAkkorLehetUtolsoHaHozzarendelt*). Ezekkel renundáns korlátozások a *NincsElsojaratHaNincsHozzarendelveSemmi* és a *NincsUtolsojaratHaNincsHozzarendelveSemmi*. Minden busznak maximum egy első és utolsó járata lehet (*LegfeljebbEgyElsojarat*, *LegfeljebbEgyUtolsojarat*). Amennyiben egy buszhoz van már legalább egy járat hozzárendelve, akkor már van első és utolsó járata is (*KellElsojaratHavanLegalabbEgyHozzarendelve*, *KellUtolsojaratHavanLegalabbEgyHozzarendelve*). Egy olyan járat, ami a másiknál később kezdődik, és a buszhoz van rendelve, nem lehet egy busz első járata, valamint egy olyan járat ami a másiknál korábban kezdődik, és a buszhoz van rendelve, nem lehet egy busz utolsó járata (*KesobbiJaratNemLehetElsoHaMarVanKorabbiHozzarendelt*, *KorabbiJaratNemLehetUtolsoHaMarVanKesobbiHozzarendelt*).

Nap elején illetve nap végén legalább annyi töltöttségre szüksége van egy busznak, amivel a depóból odaér az első járatához illetve visszaér az utolsó járatából (*DepobolToltottseg*, *DepobaToltottseg*).

Ha egy busz elvégzi *j1* járat után a *j2* járatot, akkor a *j2* járat előtti töltöttségi szintet az *ElotteToltottseg* korlátozás adja meg a *j1* járat elvégzése utáni töltöttség és a köztes áthaladás fogyasztása alapján.

Egy járat végrehajtása utáni töltöttségi szintet az *UtanaToltottseg* vagy az *UtanaToltottseg2* korlátozás határozza meg annak függvényében, hogy menetrendszerinti járatról vagy töltőjáratról van szó.

A megtett kilométereket buszonként a *hasznalatszamitas*, az energiafogyasztást ennek segítségével az *osszesfogyasztas* korlátozás számítja ki. A *hasznalatszamitas* összeadja a járatok hosszát, a depóból az első járáthoz érkezés és a depóba visszaérkezés távolságát, valamint a járatok közötti utazás kilométereit.