

14. Energiamenedzsment rendszerek a közlekedésben I.

Az energiamenedzsment¹ – értelmezésünk szerint – az energiákkal való gazdálkodás irányítása. Ez vonatkozhat a primér és a feldolgozott energiákra és mindazon rendszerekre, amelyek energiát termelnek, szállítanak, vagy felhasználnak.

Az energiamenedzsment rendszereket az energiahatékony megoldásokra, az energia felhasználás csökkentésére, a biztonságos működtetésre, ... irányuló törekvés jellemzi.

Az energetikai rendszerek életünkben fontos szerepet töltenek be. Ezek közül elsőként a közlekedési rendszerhez kapcsolódó megoldásokból mutatunk be néhányat. Egy gépjárműtechnikai rendszer adatokat, mérési értékeket, működési jelzéseket, hibajelzéseket, karbantartási jelzéseket szolgáltat és végrehajtja a tervezett programokat.

Az emberiség által felhasznált energia jelentős részét a közlekedésben használják fel.² A városok (települések) közlekedése két alapelv szerint szervezhető:

– Az extenzív koncepció szerint: a mobilitás fontosságát hangsúlyozzák, az újabb közlekedési feladatok ellátására újabb közlekedési pályákat építenek. Hazánkban az új autópályák átadásával a forgalom növekedésére lehet számítani.

– Intenzív koncepció szerint, a közlekedési szükségletek csökkentésére törekednek (közlekedési tértátrő csökkentése, úthossz rövidítés, sebesség növelés).

Felismerhető törekvés a közlekedési idő és a felhasznált energia csökkentése. Ha a közlekedési idő csökkentésére törekszünk, akkor ez a sebesség növekedéséhez, a parkolási idő meghosszabbításához vezethet. A felhasznált energia csökkentésére számtalan mód van, de ezek többsége ellentétes hatásokat exponál.³

¹ Power Management=PM

² David J.C. Mackay: Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül (www.withouthotair.com). Az Egyesült Királyságban napi 50 km autózáshoz 40 kWh/nap energiafelhasználást jelent. Ezt az energiát elő lehet állítani: 20 kWh/nap szélenergia, 13 kWh/nap napkollektor hő és 4 kWh/nap hullámenergia összegével.

³ Erdősi Ferenc: A kommunikáció szerepe terület- és település fejlődésében. VÁTI, 2000, Budapest, pp. 342–345.

14.1. A városi közlekedés energetikai megközelítése

A gépjármű-közlekedés anyagi infrastruktúrájának meghatározó eleme az energiaellátás, melynek közvetlen és közvetett hatásrendszere csak részben feltárt nemzetgazdasági, regionális és helyi szinten.

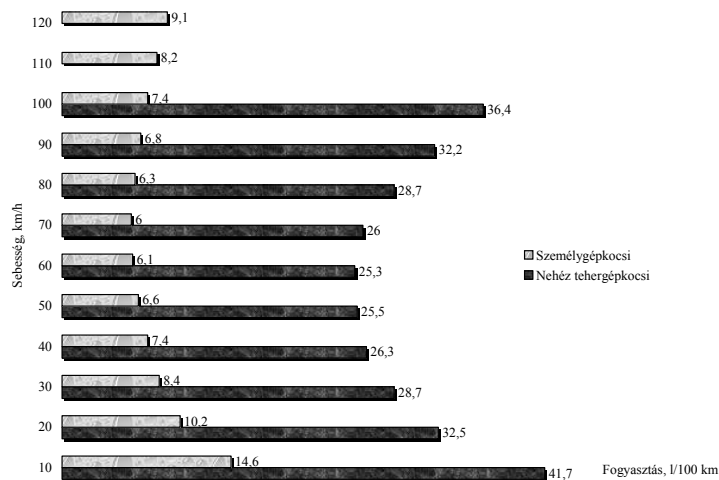
14.1.1. A primér energetikai folyamat

A hagyományos üzemű gépjárművek működtetéséhez felhasznált energiahordozók (gáz, benzin, gázolaj) kémiaiilag kötött formában tartalmazzák azt az energiát, mely a járműmotorban égési folyamat révén hővé, majd ennek a hőnek egy része – a termodinamika második főtétele értelmében – mechanikai munkává alakul, míg a többi a környezetbe kerül.

14.1.2. Az üzemanyag-fogyasztás jellemző értékei

A gépjárművek üzemanyag-fogyasztása számtalan tényező függvénye. Ezek közül kiemelhetők: az üzemanyag tulajdonságai, az erőgép konstrukciós és üzemi jellemzői, a jármű konstrukciós és üzemi jellemzői, a forgalmi-logisztikai jellemzők és a gépjárművezető üzemeltető tevékenysége.

A 14.1. ábra egy átlag személygépkocsira és egy átlag nehéz tehergépkocsira vonatkozó, különböző sebességekre érvényes fogyasztási adatokat mutatja be. A 40–70 km/h sebesség közötti tartomány – ahol a legkedvezőbbek a fogyasztási adatok – nem jellemző sem a városi, sem a városon kívüli üzemre.



14.1. ábra: Gépjármű üzemanyag-fogyasztása a sebesség függvényében
[Szerkesztette: Pitrik J.; Forrás: SCHUCHMANN G.–KISGYÖRGY L. 2004. p. 82.]

14.2. Globális és lokális energiafelhasználás, veszteségcsoportok

A belsőégésű motor üzeme során – a szabályozó rendszerek együttműködése révén – a mindenkori igénynek megfelelő energiaátalakítás történik. Az erőgép elméleti hatásfoka ~30%. A motor termikus veszteségei mellett jelentős energia-hányad fordítódik a közvetlen és közvetett áramlási és mechanikai veszteségekre. Ezek közül néhány: a szelepek okozta veszteségek, az üzemanyag-ellátás okozta veszteségek, a kipufogógázt tisztító segédberendezések működtetési veszteségei, az elektronikai berendezések veszteségei. Ebbe a csoportba sorolhatók tehát a légszennyezés csökkentésére felszerelt oxidációs-, redukációs kamrák, a hármashatású katalizátorok és a részecskeszűrők is. Ezek fojtó hatása következtében a jármű(motor) fogyasztása jelentősen növekedhet. Ez a veszteségcsoport csak konstrukciós beavatkozásokkal és az elektronikus szabályozási rendszer korszerűsítésével csökkenthető. Így a motor „tényleges” hatásfoka ~20–25%.

Az erőgép és a munkagép üzemét – megfelelően választott szabályozási elvek alapján – a közlőmű biztosítja. Ez az összetett rendszer felel az instacioner és a stationer üzemmódban a megfelelő együttműködésért. A forgalom diktálta instacioner üzemmódban megvalósított üzem ún. integrált fogyasztása kétszerese ugyanazon út közel állandó sebességű megtétele esetén.⁴ Ez az arány jól tükröződik a személygépjárművek városi és városon kívüli közúti közlekedési fogyasztásainak összehasonlításánál, de a különböző gépjárművek kis és nagy sebességű haladása esetén mérhető fogyasztás során is (14.1. ábra). Ez a veszteségcsoport mintegy ~15% további hatásfokcsökkenést okoz.

A hajtóműn áthaladó energiafolyam részben a jármű mozgására, részben a segédberendezések közvetlen vagy közvetett energiaellátására fordítódik. Az energiafelhasználás legfontosabb tényezői: a menetellenállás, a légellenállás, a terheletlen és terhelési tömeg, a segédberendezések üzemvitele.

A jármű globális energiafelhasználása jelentős mértékben függ a forgalmi-szervezési-logisztikai összetevőktől, a telekommunikáció fejlődésétől és a önkorlátozás szintjének változásától.

Az energiafelhasználás és a veszteségek fenti elemzése alapján nyilvánvaló, hogy fontos feladat a közlekedés össz-energetikai hatásfokának javítása. Helling vizsgálatai alapján a gépjármű-közlekedés végső energetikai hatásfoka ~10 %.

⁴ Michelberger P. 1997: *A közlekedés hatása az ipar feladataira*. In: Közlekedési rendszerek és infrastruktúrák. Magyarország az ezredfordulón. MTA, Budapest, pp. 55–71.

Vizsgálati módszere hasznosnak tekintette a jármű mozgatásához szükséges összes mechanikai munkát, bevezetett energiának pedig a nyers üzemanyag energia-tartalmát (veszteségnek tekintve a hozzá kapcsolódó előállítási, szállítási, feldolgozási munkákat). Az utas vagy teher nélküli részmozgásokat 0 hatásfokúnak tekintette, így a szállítási hatásfok csak ~5%.⁵

Az energiaveszteségek és a közlekedés hatásfokának növelése tehát alapvető feladat. Erre vonatkozóan Michelberger három energia-megtakarítási csoportot különböztet meg:

<i>Primer megtakarítás</i>	az erőforrás hatásfokának javításával;
<i>Szekunder megtakarítás</i>	a jármű fejlesztésével;
<i>Tercier megtakarítás</i>	forgalom- és fuvarszervezéssel, logisztikával.

A csökkentéshez tudatos, összehangolt fejlesztésekre van szükség, de a települések szintjén is van lehetőség az energiafogyasztás csökkentésére és – a fentiek alapján értelmezett – hatásfok javítására. Ezt szemlélteti a 14.2. ábra, amely összefoglalja az energiafelhasználás főbb csoportjait, bemutatja a közlekedés energetikai hatásfokának értelmezését, az energia megtakarítás főbb csoportjait és azok érvényesülési területeit.

14.3. Az energiafelhasználás csökkentése települési szinten

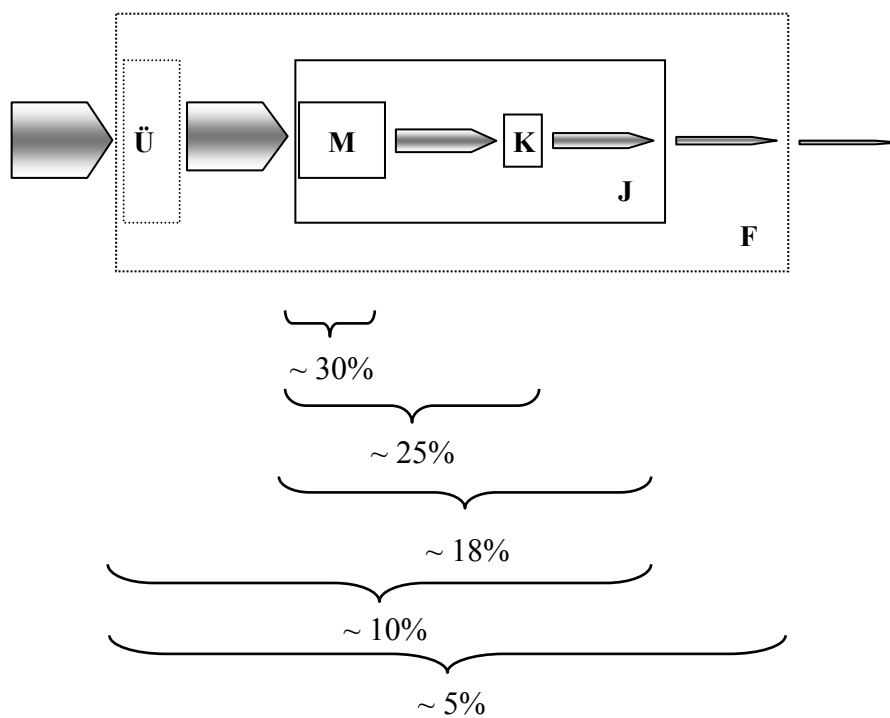
Feltehető a kérdés: A közlekedés energiafelhasználása csökkenthető-e növekvő mobilizáció mellett? – A fentiek alapján megadható a válasz: igen. Ennek feltétele, hogy a fejlesztések hatására az energia-megtakarítások üteme nagyobb mértékben csökkenjen, mint az újonnan belépő járművek energiafogyasztása. A probléma természetesen összetett, mert a kiterjedt motorizációjú országokban mind újabb és újabb modern műszaki paraméterekkel rendelkező járműveket alkalmaznak, és a járműállomány a telítettség határán van, tehát itt tényleges lehetőség van az energiatakarékosságra. A kevésbé motorizált országokban a járműállomány jelentős növekedésére lehet számítani, de ez a növekedés a rossz műszaki paraméterű, máshol már „selejtezett” járműállomány újbóli üzembehelyezését jelenti. Ez

⁵ Michelberger P. 1997: *A közlekedés hatása az ipar feladataira*. In: Közlekedési rendszerek és infrastruktúrák. Magyarország az ezredfordulón. MTA, Budapest, pp. 55–71.

A szerző szerint a különböző közlekedési ágazatok fajlagos (tkm-re vagy utaskm-re vonatkozó) energiafelhasználása különböző: a vízi szállítás energiafelhasználását 1-nek véve, a vasúti szállítás: ~10, a közúti szállítás: ~100, légi szállítás: ~1000.

a folyamat jól megfigyelhető Nyugat-Európa és Magyarország, de Magyarország és a szomszédos kelet-európai országok között is.

Gépjármű energiafelhasználási sémája



Energiamegtakarítási csoportok



14.2. ábra: Az energiafelhasználás és az energiamegtakarítás összefüggései
[Szerkesztette: Pitrik J.; Forrás: Michelberger P. 1997]

A műszaki jellegű fejlesztések – a primér és szekunder megtakarítás eszközei – lényegileg a felhasználóktól függetlenül folynak, erről a járművezető legfeljebb „ismeretterjesztő szinten” kap információt.

A felhasználókhöz kapcsolható tercier beavatkozás lehetőségei azonban kitágultak az utóbbi időszakban. Az úthálózat fejlesztése, az utak minőségének javítása, a településeket elkerülő utak létesítése, a lámpás csomópontok körforgalommal való felváltása, a települések forgalmi rendjének gyökeres megváltoztatása – a tömegközlekedés fejlesztése, új logisztikai központok létesítése olyan változtatások, amelyek lehetővé tehetik a közlekedés energia fogyasztásának csökkentését, de oly összetettek, hogy további problémák generálásához vezethetnek.

14.4. A primér energetikai folyamat által generált környezeti folyamatok

A működő gépjármű néhány, jól követhető környezeti folyamat kiindulópontja. Ezek közül a legismertebbek: a levegő szennyezése a füstgáz és összetevői által, a környezet zaj- és hő szennyezése, a kopó anyagok (gumiköpeny, fékbetétek, fémek) környezetbe jutása, a meghibásodásból eredő részecskék (olaj, üzemanyag, hűtővíz, leváló festékek / műanyagok / üveg / fémek) környezetbe kerülése, az üzemvitel segédanyagainak (savgőz, ablakmosó folyadék) környezetbe jutása.

A mozgó gépjármű természetesen koptatja az utak anyagát, s azokat az útfel-színre rakódott részecskékkel együtt felveri, diszperziós folyamat révén lebegő részecskékké alakítja. A felvert részecskék egy része ismét lerakódik az utakra, az út menti talajokra, növényekre, építményekre és a közlekedési eszközökre.

A részfolyamatok és a generáló folyamat összefüggéseinek vizsgálatától eltekintve itt egyetlen problémakör emelhető ki, a kipufogógázzal kikerülő szennyezőanyag mennyiségének és eloszlásának energetikai vonatkozásai.

14.4.1. Az üzemanyag-felhasználás jellemzői

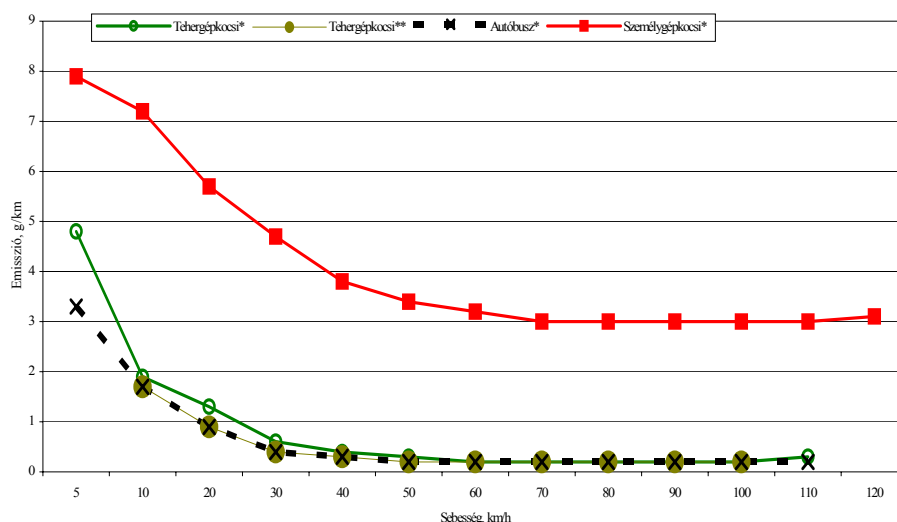
Az égési folyamat rendkívül rövid idő alatt játszódik le⁶, így az éghető anyag egy része nem képes elégni, az a kipufogógáz égéstermékeivel együtt a légtérbe kerül. Ez a hányad függ a konstrukciótól, üzemállapottól, az üzemviteltől és az üzemanyagtól. Teszt vagy fékpadi mérések során a kipufogógáz térfogatszázalékában vagy ppm-ben adják meg a C_xH_y (CH) mennyiségét, ez azonban nem tükrözi megfelelően az üzemmódtól való függést.

⁶ Ha egy négyütemű motor fordulatszámja $n=3600$ 1/min, az expanzió ideje $\sim 1/120$ sec. Ez alatt játszódik le a komplex égési folyamat.

Részletes modellszámításokhoz jobban használhatók az 1 km megtett útra vonatkozó emissziók (g/km). A mérési-számítási adatokon alapuló adattáblák diszkrét pontjait jelöli a 14.3. ábra különböző járműkategóriák és sebességek esetén. Az összetartozó diszkrét pontokat összekötő törtvonalat a trend érzékeltetése miatt szemlélteti a grafikon.⁷

A grafikon tanulmányozása alapján könnyen belátható, hogy egy személygépkocsi 3–8 g elégtelen szénhidrogént bocsát ki km-enként. Ha 40 km/óra átlagsebességgel számolunk, és 8 l / 100 km fogyasztást (0,8 g/cm³ sűrűséggel számolva ~6,5 kg / 100 km) veszünk figyelembe, ez azt jelenti, hogy a „modell” jármű 65 g üzemanyagot fogyaszt 1 km-en, és ebből 4 g-t (~6%) elégtelenül bocsát ki.

Az elégtelen üzemanyag hányadának csökkentése fontos energetikai és környezeti feladat, amelyet többirányú beavatkozással érhetünk el.



14.3. ábra: Elégtelen üzemanyag mennyisége

[Szerkesztette: Pitrik J.; Forrás: *Rédey Á.–Módi M. 2002. pp. 28–29.;

**Schuchmann G.–Kisgyörgy L. 2004. p. 82.]

⁷ A 7/2002 (VI. 29.) GKM-BM-KvVM együttes rendelet 2. számú melléklete alapján a gyári kibocsátási értékeket kell a hagyományos Otto-motoros gépkocsik környezeti felülvizsgálatánál megengedett értéknek tekinteni. Ha ez nem áll rendelkezésre, a gyártási év függvényében adják meg a megengedett CH kibocsátásokat. A rendelet tetszőleges értéket enged meg az 1969. 07. 01. előtti gyártmányokra, a kétütemű motorokra: 2000 ppm, az 1990–1969 között gyártott motorokra 1000 ppm, az egyéb négyütemű motorokra 600 ppm, míg a négyütemű katalizátoros motorokra 400 ppm értéket enged meg. Négyütemű motorokra tehát a maximálisan megengedett érték 1000 ppm, amely a kipufogógáz térfogatára vonatkoztatva 0,1 tf%-ot jelent.

14.5. Az ember szerepe a közlekedési-energetikai-környezeti problémák megoldásában

Régóta ismert, hogy a gépeket használók többsége nem ismeri „megfelelő szinten” a gépek működésével kapcsolatos természeti törvényeket, és egyénisége nem képes alkalmazkodni a gép használata során fellépő folyamatokhoz időben vagy térben. Ez a problémakör, a *biológiai inkompatibilitás* különösen fontos szerepet kap a közlekedésben.⁸ Ebből a komplexumból – a témához kapcsolódóan – csak néhányat emelünk ki:

- A gépjárművezető (általában) nem érzékeli a gépjármű fogyasztása és a jármű üzeme / terhelése / útviszonyok közötti összefüggést. Általában a sebességgel hozzák kapcsolatba a fogyasztást, anélkül, hogy a karakterisztika valóságos menetét ismernék. Azt kevesen látnák be, hogy a kedvezőtlen fogyasztás jelentős része a szakszerűtlen vezetéstechnika következménye.
- A gépjárművezetők többsége nem ismeri járművének műszaki paramétereit, jellegzetességeit, így az átmeneti üzemmódban gyakran ösztönösen és helytelenül járnak el. (Nagy gázfröccsök, hirtelen fékezések, a sebességfokozat rossz megválasztása jellemző a városi közlekedésben.)
- A közlekedők többsége nem érzékeli a pillanatnyi mozgási energia és a jármű sebessége közötti összefüggést, a követési távolság, a fékút kapcsolatrendszerét. Az összefüggések ismerete hiányában gyakran csak a baleseti kockázat tudata tartja vissza a nagy energiafelhasználástól a járművezetőket.
- Energiatudatos magatartás helyett a közlekedők többségére ösztönös vagy tanult környezettudatos-magatartás jellemző. Így a zsúfolt városok lakói tudják, hogy a tömegközlekedési eszközök fajlagos légszennyező hatásai kedvezőek, gyalogosan és kerékpárral kellene közlekedni, a városok centrumait a gépjárműforgalomtól el kellene zárni és a tömegközlekedési eszközökre kellene átváltani. Ismert az is, hogy a korszerű járművek környezeti paraméterei kedvezőek, ezek azonban csak szakszerű üzemeltetés esetén érvényesülnek.

⁸ Michelberger P. 1997: *A közlekedés hatása az ipar feladataira*. In: Közlekedési rendszerek és infrastruktúrák. Magyarország az ezredfordulón. MTA, Budapest, pp. 55–71.

- A települések lakói aggódnak egészségükért, de mégis sokan a személygépjárműveket választják. Gyorsabbnak, kényelmesebbnek vélik (ez sokszor igaz is), ezért döntenek így.
- A településeken – valós vagy vélt érdekek alapján – a közlekedési úthálózat „korszerűsítésére” törekednek. Minden ’valamire való’ település igyekszik elkerülő utat kiharcolni, hogy a lakóknak kedvezőbb életminőséget biztosíthasson. A tapasztalat azonban gyakran kedvezőtlen: mégsem kerülnek el a települést a járművek, pótlólagos beruházásokra van szükség, a települések „kereskedelmi-kulturális” vonzereje nem érvényesül (Pitrik J. 2004a).

Összegezve megállapítható, hogy a közlekedés energetikai problémáit a lakosság közvetlenül általában nem érzékeli, de érzékeli és aktívan reagál a közlekedés forgalmi és környezeti problémáira.

Kérdéstár

1. Mi jellemzi a városi közlekedés extenzív és intenzív (I) koncepcióját? Írja az alábbi állításokhoz a megfelelő betűt!

a) a mobilitási igény nő	E
b) új villamosvonal épül	E
c) területeket zárnak el a gépjárműforgalom elől	I
d) autóbusz sávot létesítenek (a régi sáv rovására)	I
e) gyorsító sávot jelölnek ki	I
f) új hidat építenek	E

2. Jelölje meg a hagyományos (H) és az alternatív (A) gépjármű üzemanyagokat!

a) 95-ös oktánszámú benzin	H
b) gázolaj	H
c) LPG	A
d) bioetanol	A
e) biodízel	A
f) 98-as oktánszámú benzin	H

3. Egészítse ki az alábbi mondatot!

A kevésbé motorizált országokban a járműállomány jelentős lehet számítani, de ez a a rossz műszaki paraméterű, máshol már „selejtezett” járműállomány újbóli jelenti.

4. Milyen műszaki okai vannak annak, hogy a gépjármű üzemanyag fogyasztása magas városi körülmények között? Jelölje bekarikázással az alábbiak közül a helyes állítást!

- a) Az üzemanyag egy része nem ég el, mert a motor stationer üzemmódban dolgozik.
- b) A motor fordulatszáma alacsony, ezért a hatásfoka rossz.
- c) A motor felmelegszik, ezért az üzemanyag-levegő keverék jól feltölti a motort, teljesítménye nő.
- d) A motor konstrukciója olyan, hogy a gépjármű fogyasztási görbe minimuma a mindenkor városi forgalom átlagsebességére vonatkozik.
- e) Kis sebességnél nagyon sok a kipufogógáz mennyisége.

5. Egy személygépkocsi a városi forgalomban 20 km/óra átlagsebességgel képes haladni. Fogyasztása 10 l/100 km. Számolja ki, hogy mennyi a vizsgált jármű hány g üzemanyagot fogyaszt 1 km-en és ebből mennyi az elégtelen üzemanyag? Ez hány %-a fogyasztott üzemanyag?

Hogyan lehet csökkenteni a gépjármű fogyasztását városi körülmények között?