

Az eke súlyközéppontjának meghatározása

Determining the center of gravity of the plough

dr. ILYÉS Szilárd¹, dr. PÁSZTOR Judit¹, EGYED-FALUVÉGI Erzsébet¹

¹Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar / Sapientia University, Faculty of Technical and Humanities Science /
Marosvásárhely / Târgu Mureș, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Șoseaua Sighișoarei 1C., Tel.: +40 265 208 170,
Fax: +40 265 206 211, E-mail: ilyes.szilard@ms.sapientia.ro

Abstract

Ploughing is a basic soil work; its working machine is the plough. During ploughing, the plough turns, shreds, loosens and mixes the upper of soil layer. It requires a lot of energy. The professional operation of the plow is very important to favorable energy consumption. Knowing the center of gravity of the plow helps in the adjustment of the plow, thus in the proper operation. In this paper, we explore the theoretical background of the determination of the center of gravity and apply it to the determination of the center of gravity of three bodies plough. Equipment suitable for determining the center of gravity has also being produced.

Keywords: suspended plough, center of gravity, center of mass.

Kivonat

A szántás alapvető talajmunka, munkagépe az eke. A szántás során az eke forgatja, miközben aprítja, lazítja, keveri a felső talajréteget. Nagy az energiaigénye. Az eke szakszerű működése nagyon fontos a kedvező energiafelhasználás szempontjából. Az eke súlypontjának ismerete segít az eke beállításában, így a megfelelő üzemeltetésben. A dolgozatban feltárjuk a súlypont meghatározásának elméleti hátterét és alkalmazzuk három eketestes ágyeke súlypontjának meghatározására. Súlypont meghatározására alkalmas berendezés is készült.

Kulcsszavak: függesztett eke, súlypont, tömegközéppont.

1. Bevezetés

Az eke a talaj alapl munkáját, a szántást megvalósító munkagép. A szántás egyik legmélyebb talajmunka, ezért tekintik alapl munkának. Szántás során a talaj forgatása, aprítása, lazítása, keverése történik. A szántás nagy energiaigényű, csökkentése mindenkori üzemeltetési cél [1],[3]. Ennek érdekében az ekén beállításokat végeznek, amely során biztosítják a megfelelő munkamélységet, munkaszélességet, a gép párhuzamosságát a talaj felszínével kereszt és hosszirányban. Az erőgép-eke gépcsoport nyugodt, egyenesvonalú járása szintén igény, hiszen sok üzemórán át történik a szántás a kis területteljesítmény miatt. Az erőgép-eke gépcsoport egyenesvonalú, nyugodt járásának feltétele a jó beállítás, amely az erőgép, munkagép és talaj pontos ismeretét feltételezi. Az egyensúly számítások érdekében az eke pontos ismerete feltételezi az eke súlypontjának az ismeretét is [5],[6].

A dolgozatunkban feltárjuk a függesztett ágyeke súlypontjának meghatározási lehetőségeit. A tömegméréssel és számítással történő súlypont meghatározására, egy ahhoz alkalmas berendezés is készült.

2. Kidolgozás

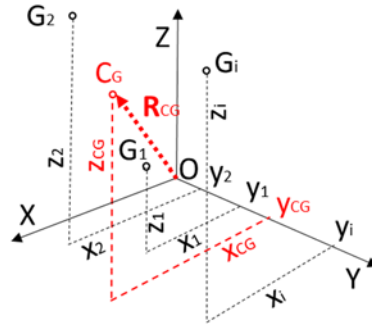
Egy gravitációs térben elhelyezett merev test elemi részekre bontható, melyek egy-egy dG elemi súlyerővel rendelkeznek. Ezek az elemi súlyerők egy párhuzamos erőrendszert alkotnak, melynek eredője a merev test G súlyereje, mely átmege a súlyponton. Egy test mozgásának tanulmányozása során fontos a tömegközéppont lokalizálása, melyet a $dG=g \cdot dm$ helyettesítéssel határozunk meg. A súlypontban a rendszer statikai nyomatéka zérus. A dolgozatban a súlypont meghatározása érdekében elméleti hátteret és gyakorlati megvalósítási lehetőségeket keresünk.

Elméleti háttér – a súlypont meghatározása számítással

A tömegközéppont meghatározásához hasonlóan, a súlyközéppont esetében is egy i számú és annak megfelelő G_i részsúlyú, egy adott ponttól r_i távolságra lévő, egymással összefüggő rendszer egyensúly egyenleteiből következik a súlyközéppont \mathbf{R}_{CG} helyzetvektorjának (1. ábra) az összefüggése [2]:

$$\mathbf{R}_{CG} = \frac{\sum G_i \mathbf{r}_i}{\sum G_i} \quad (1)$$

ahol: G_i a rendszert alkotó testek súlyereje [N].



1. ábra

Több "i" részből álló rendszer súlyponti helyzetvektorjának meghatározása

A súlyerővektorok párhuzamosak, így:

$$\sum G_i = G. \quad (2)$$

Az $OXYZ$ koordináta-rendszerben a súlypont nyomatékegyenleteiből meghatározhatók a súlypont $C_G(x_{CG}, y_{CG}, z_{CG})$ koordinátái:

$$x_{CG} = \frac{\sum G_i x_i}{\sum G_i} = \frac{\sum G_i x_i}{G}, \quad y_{CG} = \frac{\sum G_i y_i}{\sum G_i} = \frac{\sum G_i y_i}{G}, \quad z_{CG} = \frac{\sum G_i z_i}{\sum G_i} = \frac{\sum G_i z_i}{G}. \quad (3)$$

Egy merev testnek a súlyközéppontját meghatározhatjuk úgy, hogy a testet felbontjuk i darab ismert A_i alakzattá, amelyeknek külön-külön meghatározhatók a $G_{Ai}(x_i, y_i, z_i)$ súlyközéppontjai. Egy megválasztott merőleges koordináta-rendszer tengelyeire vetítve az A_i alakzatok G_{Ai} súlypontjainak helyzetét, az (x_i, y_i, z_i) távolságokat kapjuk, amely értékekkel számolhatunk.

A koordináták meghatározására két módszer ismeretes: az egyik a függőönös mérés, mint grafikus módszer, a másik a tömegméréses, mint analitikai-grafikus módszer.

2.1. Az eke súlypontjának meghatározása függőönös módszerrel

A közismert függőönös súlyvonal mérést alkalmazva, az ekét egy függeszhető pontjába felemelve (2.a. ábra), a nyugalmi állapota után a függőönt a függesztési pontba csatolva, meghatározható függesztési pontból a súlyvonal. A nyomvonalat egy zsineggel rögzíteni lehet az eke szerkezetére. Megismételve a mérést egy másik megfelelően kiválasztott függesztési pontban (2.b. ábra), a függőön keresztvezése az előbb bejelölt zsineggel megadja az eke C_G súlypontját.

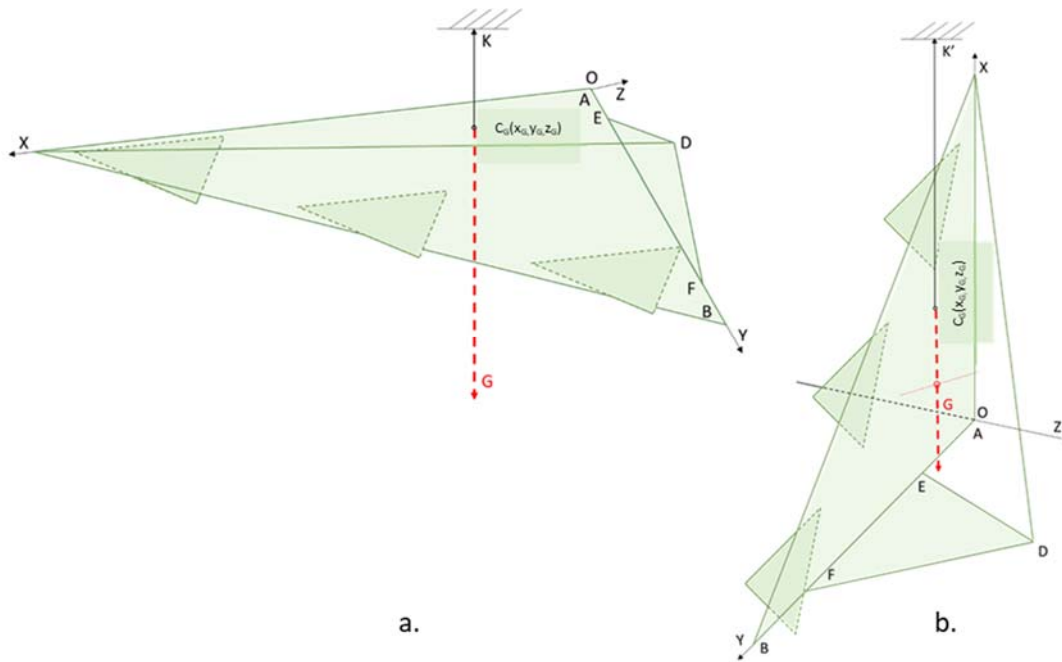
Ez a függőönös meghatározási módszer egyszerű, de belátható hátránya az, hogy az inga ütközni fog az eke szerkezetéből adódó részekkel ami megnehezítheti vagy akadályozhatja a függőleges mérési helyzetet.

2.2. Az eke súlypontjának meghatározása analitikai-grafikus módszerrel (tömegméréssel és számítással)

A analitikai-grafikus módszer a súlyponti koordinátákat határozza meg.

A három ekestes ágyeke esetében (3. ábra) a következő megközelítő eljárást alkalmazzuk: az ekét egy kedvezően megválasztott, az XOY vízszintes síkban található A, B, C pontokba koncentrált elméleti részre bontjuk. Így oszlik el a teljes súlyerő a $\mathbf{G}_A, \mathbf{G}_B, \mathbf{G}_C$ súlyerőkre. A megoszló súlyerők alátámasztási reakcióerői az $\mathbf{F}_A, \mathbf{F}_B, \mathbf{F}_C$ lesznek. Az alátámasztási pontokat úgy választjuk meg, hogy abból az A és B pontok a hárompont-függesztő berendezés két vonórúd csapjának vetületei- és a C pont az utolsó ekefejen levő csúszótalp, vagy a mélységhatároló kerék, vagy bármelyik szélső alátámasztási pont legyen. Másrészt, a

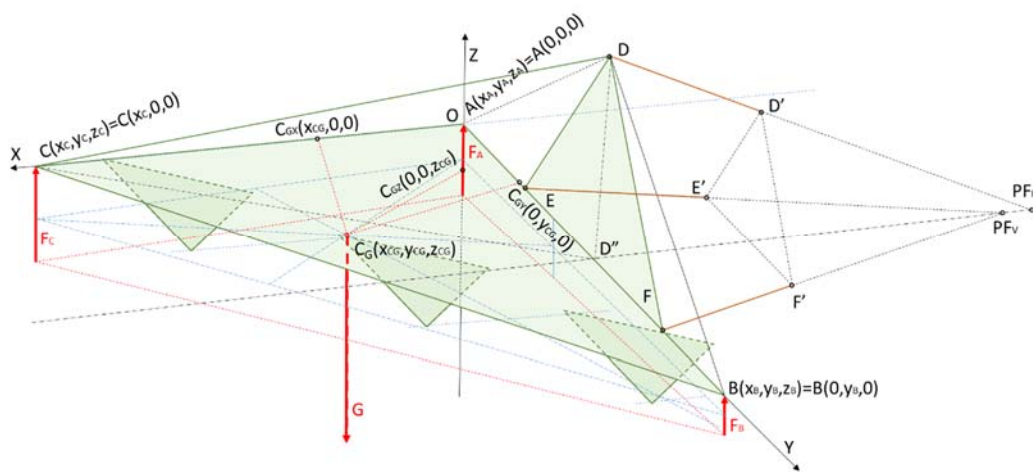
számítások könnyebbé tételéhez a C pontot úgy választjuk meg, hogy az AC merőleges legyen az AB -re. Továbbá, az ekét a három pontban úgy támasztjuk alá, hogy annak a gerendelye üzemi állapotban, a talajjal párhuzamosan és lehetőleg vízszintes legyen.



2. ábra

a. Az ágyeke felfüggesztése egy K pontban az egyik súlyvonal bemérése érdekében. b. Felfüggesztése egy másik K' pontban egy másik súlyvonal bemérése érdekében

Ebben az esetben az eke DEF hárompont függesztési pontjai (3. ábra) merőleges síkot alkotnak az A, B, C alátámasztási pontokat tartalmazó XOY síkra [4]. Az ágyeke szerkezeti felépítésének köszönhetően ezen pontok megválasztása a gyakorlatban lehetséges. Az így megválasztott A, B, C alátámasztási pontokkal és a rajtuk áthaladó merőleges koordinátarendszerrel az eke súlypontjának a megállapításához szükséges számítások leegyszerűsödnek.



3. ábra

Az ágyeke súlyvonalának meghatározása munkahelyzetben

A már említett XOY vízszintes síkban felvett A, B, C alátámasztási pontok alá szerre mérleget helyezve, meghatározhatók a megjelenő F_A [N], F_B [N], F_C [N] reakció erők értékei. Mérőszalaggal lemérhetők az alátámasztási pontok koordinátái:

$A(x_A, y_A, z_A), B(x_B, y_B, z_B), C(x_C, y_C, z_C)$, ahol: $x_A = x_B = y_A = y_C = z_A = z_B = z_C = 0$.

Továbbá, felírható a következő négy egyenletből álló egyenletrendszer:

$$F_A + F_B + F_C = G \text{ [N]} \quad (4)$$

$$x_{CG} = \frac{\sum F_i x_i}{G} = \frac{F_A x_A + F_B x_B + F_C x_C}{G} = \frac{0+0+F_C x_C}{G} = \frac{F_C x_C}{G} \text{ [m]} \quad (5)$$

$$y_{CG} = \frac{\sum F_i y_i}{G} = \frac{F_A y_A + F_B y_B + F_C y_C}{G} = \frac{0+F_B y_B+0}{G} = \frac{F_B y_B}{G} \text{ [m]} \quad (6)$$

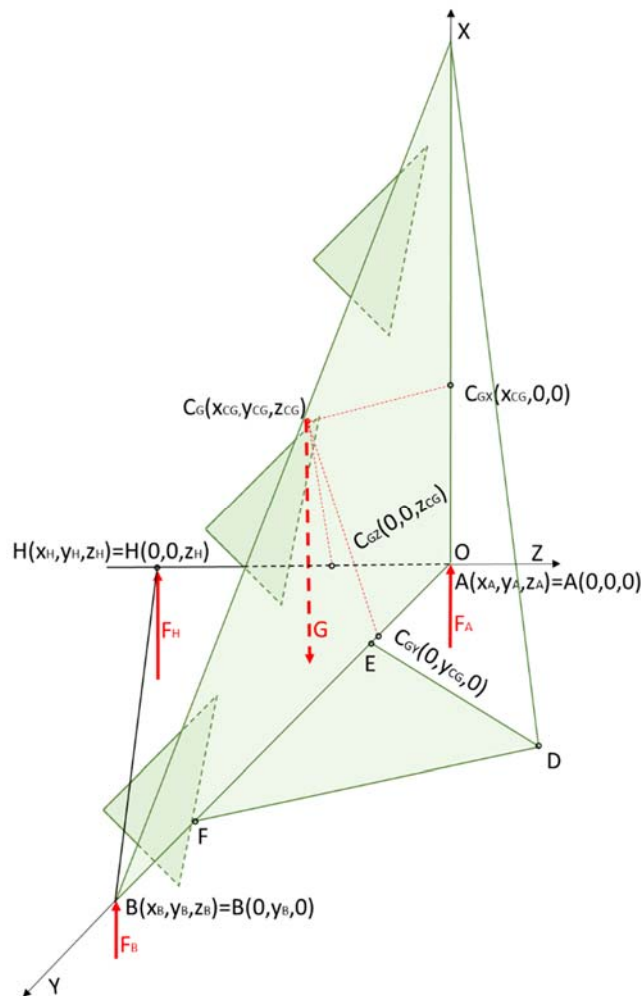
$$z_{CG} = \frac{\sum F_i z_i}{G} = \frac{F_A z_A + F_B z_B + F_C z_C}{G} = \frac{0+0+0}{G} = 0 \text{ [m]} \quad (7)$$

Észrevehető, hogy a G súlyerő nem hoz létre nyomatékot az OZ függőleges tengely mentén, hiszen irányvektorjaik párhuzamosak.

Az (5), (6) egyenletekkel meghatároztuk a C_G pont vetületét az XOY síkban, az x_{CG}, y_{CG} értékekkel.

Hasonlóan, a C_G súlypont z_{CG} koordinátája a (7) egyenlettel meghatározható az előző módszer segítségével, ha a szerkezetet az OY tengely körül trigonometriai iránnyal ellentétesen 90° -al elforgatjuk (4. ábra.) és az újabb ZOY vízszintes alapsíkhoz viszonyítjuk a méréseket.

Az eke stabil állása miatt lehetséges egy megfelelő $H(x_H, y_H, z_H) = H(0, 0, z_H)$ támaszpont keresése az OZ mentén. Ugyanabban az $OXYZ$ koordinátarendszerben kifejezve, meghatározható a CAH háromszögben a (4), (5), (6), (7) egyenletek szerint a $H(0, 0, z_H)$ támaszpont helyzete is.



4. ábra

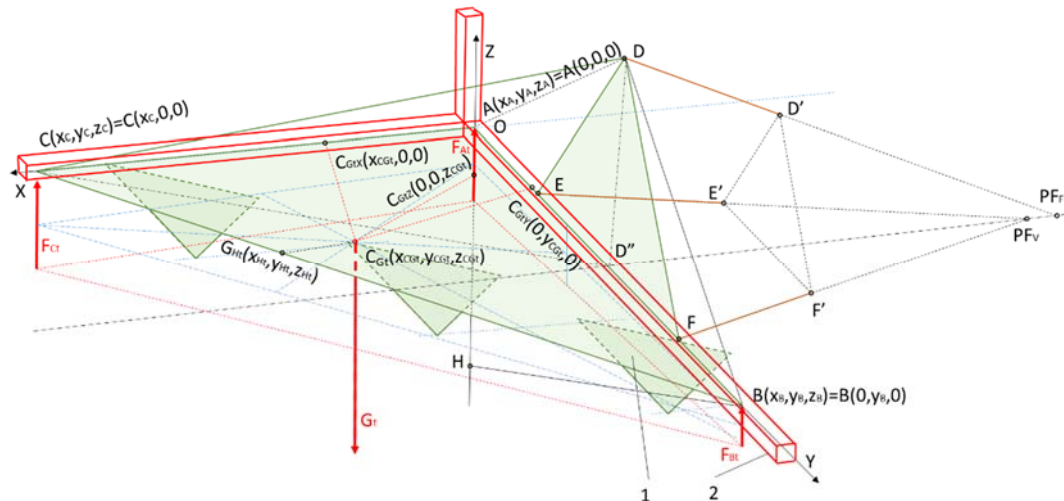
Az ágyeke másik merőleges alapsíkjára történő feltámasztás a súlypont meghatározására

2.3. Az analitikai-grafikus mérési módszer megvalósítása

A mérőeszköz elvi alapját az **5. ábrán** követhetjük egy kedvezően kialakított derékszögű koordinátarendszerre épülő fém állvány formájában. Az ábrán az 1-es a három eketestes ekét- és a 2-es az állványt jelképezi. Az ábrán látható szolidáris eke-állvány F_{A_1} , F_{B_1} , F_{C_1} reakció erőit a szerre behelyezett lapmérleggel mérjük. Megmérve az A , B , C és esetleg a H alátámasztási pontok koordinátáit, a (4), (5), (6)-os összefüggésekkel számolhatóvá válnak a súlypont koordinátái az XOY síkban. Az YOZ vagy XOZ síkban pedig a (7)-es összefüggéssel az OZ tengely menti koordinátája.

Hasonlóan kifejezhetők az üres állvány F_{A_2} , F_{B_2} , F_{C_2} reakció erői is illetve annak is a koordinátái.

Az eke koordinátáit a szolidáris eke-állvány és az állvány koordinátáinak az OX , OY , OZ tengelyekre vetített nyomatékegyensúly egyenleteiből számolva kapjuk meg. Az egyensúlyegyenletekben az eke illetve az állvány C_G súlypontjai a tengelyekre szerre vetített egymás közötti távolságokkal, kiegyensúlyozzák a szolidáris eke-állvány C_{G_1} súlypontját.



5. ábra

A mérőeszköz elvi ötlete.

Az elméleti módszerhez igazolásához, a gyakorlati méréseknél szükséges eszköz egy olyan derékszögű koordinátarendszer, amely elég merev, pontosan szerkesztett és több oldalán vízszintes helyzetbe állítható. Ehhez az eszközhöz az ekét szolidárisan kell lehessen rögzíteni úgy, hogy együtt átfordíthatók lehessenek a mérőeszköz többi fekvőlapjára is. Magasság állítási lehetősége kell legyen minden mérési oldalán a megfelelő vízszintezés és a mérési adatok leolvasása végett.

A megvalósításhoz a választás egy 60x60x3 méretű építkezésben használt acél zártszelvényre esett amelynek a merevsége zárt keret formában várhatóan elégséges. A zártszelvényből készült mérőeszköz rájája hegesztéssel lett stabilá alakítva. A **6. ábra** szemlélteti a mérőeszközt az ekével szolidárisan az alapsíkon.



6. ábra

A zárt keretű mérőeszköz három síkból nézve

A 7. ábra szemlélteti a mérőeszközzel történt előméréseket. Az 1-es mérőeszközhöz a 2-es eke szolidárisan van rögzítve megfelelő bilincsekkel. A 3-as alátámasztási menetorsók a második (balra eső) alapsíkban a vízszintbe állítást szolgálják. Az első vízszintes mérési alapsíkban látható, hogy a 4-es fa támaszok egyforma magasságban vannak az 5-ös digitális mérleggel a keret vízszintességének a megtartása érdekében.



7. ábra

A mérési folyamat ábrázolása az első alap síkban

A második alapsíkban végzett méréseknél a keret vízszintbe állítása érdekében a 3-as menetorsókat megfelelően kellett állítani a két merőleges irányú vízszintesség méréseire.

3. Következtetés

Ez a mérési eljárás érthetővé teszi egy nagyobb test tömegmérését egy kisebb terhelhetőségű mérleg segítségével úgy, hogy külön-külön több alátámasztási pontban mérjük az össztömeget.

A mérési folyamat támpontot ad az eke térbeli elhelyezkedésének megértéséhez.

Gyakorlati példát ad az elemi mérőeszközök nem szokványos esetekben lehetséges felhasználásához.

A diákok számára egy ilyen gyakorlati alkalmazás, jól szemlélteti az elméleti fogalmakat, illetve gyakorlathoz köti az elméletet.

A mérési folyamat hozzájárul az eke alaposabb műszaki megismeréséhez.

Összességében rávilágít az eke és egyben a szántási folyamat komplex természetére, valamint a beállítások fontosságára.

Javaslat: a mérőeszköz mechatronikai elemekkel való felszerelésére a pontosabb adatgyűjtés és feldolgozás érdekében indokolt.

Irodalmi hivatkozások

- [46] Szendrő, P. *Mezőgazdasági gépszerkezettan*, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 2000.
- [47] Máté, M. *Műszaki mechanika – kinematika*, EME Kiadó, Kolozsvár, 2010.
- [48] Bulgakov, V., Adamchuk, V., Nadykto, V., Kistechok, O., Olt, J. Theoretical research into the stability of motion of the ploughing tractor-implement unit operating on the „push-pull” principle, *Agronomy Research* 15(4), 2017, p.1517- 1529, <https://doi.org/10.15159/AR.17.069>.
- [49] Ormenişan, A.N. Theoretical and Experimental Research Concerning the Influence of Automatic Control Systems of the Tractor Linkage Mechanisms on the Dynamics and Energetics of Ploughing Units, UTBV Kiadó, 2014, p.19-37, <http://old.unitbv.ro/Portals/31/Sustineri%20de%20doctorat/Rezumat2014/OrmenisanAlexe.pdf>. (2019.01.24.)
- [50] Pásztor, J., Ilyés, Sz., Popa-Müller, I., Egyed-Faluvégi, E.: *Eke beállítás és stabilitás vizsgálat, Study of Plough Setting and Stability*. EMT, XXX. OGÉT 2022, p.88-91. <https://ojs.emt.ro/oget/article/view/795/764>.
- [51] Tudor, A., Glodeanu, M., *Exploitation of agricultural machines*, Sitech Publishing House, Craiova, 2009.