REPESZLÖVEDÉKEK/HARCIRÉSZEK HATÉKONYSÁGA ÉS A REPESZTÖLTETEK FAJLAGOS ENERGIATARTALMAI KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK II.

A REPESZHATÁS ÉS -HATÉKONYSÁG LEÍRÁSÁNAK FELTÉTELRENDSZERE

Dr. Molnár László

hadtudomány (haditechnika) kandidátusa

A jelen publikációban – amely a szerző (korábbi) REPESZLÖVEDÉKEK/HARCIRÉSZEK HATÉKONYSÁGA ÉS A REPESZTÖLTETEK FAJLAGOS ENERGIATARTALMAI KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK, 1. Rész c. közleményének folytatása – definiálásra kerül a repeszhatás és -hatékonyság leírásának tartalma.

A szerző rámutat arra, hogy a tartalom szabatos kifejtése lehetséges, alkalmas fizikai modell és célszerűen kiválasztott (kidolgozott) matematikai módszer és eljárás, valamint megfelelő műszaki-technikai feltételrendszer együttes alkalmazásával. A kifejtésen belül valószínűsíthető az, hogy a repeszhatás és -hatékonyság analitikus, explicit függvénymegoldásai – lehetségesek.

Rámutat továbbá arra, hogy a leírás a repeszhatás és -hatékonyság általános (szabatos) leírására is alkalmas lehet, így (potenciálisan) felhasználható az előre gyártott repeszek jellemzőinek vizsgálatai során.

A szerző a leírás feltételrendszerén belül, ismerteti mindazon összefüggések egzakt formáját, amelyek alapján és keretei között a fenti kifejtés megvalósítható, a kidolgozás folyamatának nyomon követhetősége és a végeredmény gyakorlati ellenőrzése mellett.

1. ELŐZETES MEGJEGYZÉSEK

A leírás – egy – fizikai modell és ennek szabatos kifejtésére alkalmazott **matematikai módszer, és eljárások együttese.**

Az együttes – és ezen belül a fizikai modell külön is – a GALILEI-féle analitikus és szintetikus megközelítések [1.] összetartozó egysége. Ezen kívül, a fizikai modell megfogalmazása determinisztikus. A matematikai módszer és (ennek következményeként) valamennyi – eljárás kizárólag analitikus, amelyek alapját, OCCAM borotvája matematikai alapelv [2.] képezi.

A fenti együttes alkalmazása azért célszerű, mert az analitikus matematikai kifejtések ismeretében az (esetleges) igényeknek megfelelő algoritmikus (számítógépes) vizsgálatra alkalmas leírás leképezhető, míg fordított esetben ez a lehetőség – általában nem áll fenn.[1]

A fizikai modell a repeszek és a célok közötti kölcsönhatást írja le a (fizikai) törvényekkel összhangban, **a választott matematikai módszer** a repeszhatás és -hatékonyság explicit kifejtésére alkalmazható egyik (ugyanakkor, a leginkább egyszerű) **olyan eszköz, amellyel lehetséges az** (explicit) összefüggésekben – szükségszerűen – megjelenő **állandók fizikai tartalmainak értelmezése.**

A fentieket megfelelő leírás potenciálisan (és szükségszerűen) alkalmas az **1. rész CÉLKITŰZÉS** pontjában foglaltak kifejtésére.

[1] A téma bővebb kifejtését lásd a [3.] szakirodalomban.

2. A FIZIKAI MODELL

2.1. Általános szempontok

A fizikai modell konzervatív. Ez a következőket jelenti:

- **a fizikai folyamatok keretfeltételeinek meghatározásainál, kizárólag a valamely szélsőérték-mérőszámok képezték a további számítások alapjait. Továbbá,**
- **a repesz-cél kölcsönhatás komplex folyamatában, az egymást követő bármely részfolyamat kezdeti feltételei, egyben a megelőző részfolyamat szélsőérték-mérőszámai is.**

A fenti modell alkalmazásának indoka és (alapvető) magyarázata az, hogy segítségével a repesz-cél kölcsönhatás valóságos fizikai folyamata a maximális pontossággal és maximális mértékű egyszerűsítéssel leképezhető. Ez azt jelenti, hogy a valóság és a modell közötti transzformáció során és következményeként a fizikai folyamatot leíró összefüggések tartalma nem torzul – a konkrét számértékeken kívül.[2] Ez utóbbiak kísérleti (repesz-) vizsgálatokkal meghatározhatók.

2.2. Terep-cél együttes

A terep – az 1. Rész 4.2. pontjában foglaltaknak megfelelően – a valamely 0 pontból maximum L_{max} távolságig pásztázható felszíni terület egésze (2.2.-1. ábra). Vagyis, a terep szükségszerűen kör-alakú, amelynek sugara R_{max}.[3] Ezért írható, hogy:

$$L_{\max} \equiv R_{\max} \qquad (2.\text{-}1.)$$

$$S_{R\max} = R_{\max}^2 \Pi \qquad (2.\text{-}2.)$$

Ahol,

S_{Rmax} : az R_{max} sugarú terület – itt: terep.

---

[2] Vagyis, a jelen leképezés a determinisztikus transzformáció egyik eljárása.

[3] R_{max} szélsőértéke véges és állandó – mivel számértékét (végső soron) a repeszek energiája határozza meg.

Valóságos körülmények között a terepen mindösszesen $n_{\Sigma cél}$ **mennyiségű** $S_{\Sigma cél}$ **összes felületű – valóságos - cél helyezkedik el véletlenszerűen úgy, hogy az egyes célok is különbözőek lehetnek** – pl.: élőerők, harceszközök, harcanyagok stb. – vagyis ezek felületei, helyzetei, anyagi minőségei eltérőek.

A továbbiakban, **cél (fogalom) alatt a valamely valóságos célt modellező céltábla értendő. A céltáblák felületei síkok**

- **amelyek merőlegesek az 1. Rész 4.2. pontja szerinti vetület síkjára, és**
- **amelyek fél-szélességi méret pontjaiban a normálisok irányai a hivatkozott vetületre merőleges,** *0***-ponton áthaladó egyenes irányába mutatnak.**

A céltáblák alapvető jellemzői a következők:

- **Élőerő modellezése esetén, téglalap alakú és – pl. –** *25,4* **mm (1") vastagságú, légszáraz, csomómentes, hibátlan – és gyalult – felületű fenyőfa-palánk.**[4]

A tábla felületek nagyságára, a következő megfontolások érvényesek. Statisztikai átlagban igaz, hogy:

$$\overline{S_{CT,é}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} n_{CT,é,i} S_{CT,é,i}}{\sum_{i=1}^{n} n_{CT,é,i}} \qquad (2.\text{-}3.)$$

Ahol,

$\overline{S_{CT,é}}$: élőerőre vonatkoztatott – átlagos – céltábla felület

$S_{CT,é,i}$: valamely *i.* élőerőt modellező céltábla felülete

$n_{CT,é,i}$: valamely *i.* élőerőt modellező céltábla mennyisége

[4] A rendelkezésre álló igen nagy mennyiségű háborús statisztikai adat alapján [4.], élőerő (katona, polgári személy) test-ellenállását – többek között – a fenti anyagi minőségű és mérőszámú palánk jellemzi.
Az egyéb lehetséges palánk-féleségeket és ezek jellemzőit szabványok rögzítik (lásd pl.: [5., 6., 7.]).

És[5]

$\overline{S_{CT,é}} \leq 0{,}5$ [m²] (2.-4.)

$\overline{S_{CT,é}} = \overline{l_{CT,sz,é} l_{CT,m,é}}$ (2.-5.)

Ahol,

$\overline{l_{CT,sz,é}}, \overline{l_{CT,m,é}}$: a fenti átlagos felületű céltáblák átlagos szélességi és magassági méretei

- **Harceszközök, harcanyagok, egyebek (a továbbiakban, technikai eszközök) modellezése esetén a céltáblák fenti jellemzői a modell tárgyától függően különbözőek lehetnek** a következők szerint.

$$\overline{S_{CT,TE}} = \frac{\sum_{k=1}^{p} n_{CT,TE,k} S_{CT,TE,k}}{\sum_{k=1}^{p} n_{CT,TE,k}} \quad (2.\text{-}6.)$$

Ahol,

$\overline{S_{CT,TE}}$: a technikai eszközök együttesére vonatkoztatott – átlagos – céltábla felület

$S_{CT,TE,k}$: valamely *k.* féleségű technikai eszközt modellező céltábla felülete

$n_{CT,TE,k}$: valamely *k.* féleségű technikai eszközt modellező céltábla mennyisége

És

$\overline{S_{CT,TE}} \leq S_{TE,l,\max}$ (2.-7.)

[5] Szakirodalmi hivatkozások szerint a terepen mozgó élőerő átlagos cél-felülete: 0,4÷0,6 m^2/fő [7.]. Ezen adat alapján a jelen publikációban a fenti – átlagos – mérőszám kerül felhasználásra.

Ahol,

$S_{TE,l,\max}$: a technikai eszköz-féleségek összességén belül azon l. féleség maximális nagyságú metszeti felülete, amely (felület) az *1÷p.* tartományon belül is maximális

És,

$$\overline{S_{CT,TE}} = \overline{l_{CT,sz,TE} l_{CT,m,TE}} \qquad (2.-8.)$$

Ahol,

$\overline{l_{CT,sz,TE}}, \overline{l_{CT,m,TE}}$: a fenti átlagos felületű céltáblák átlagos szélességi és magassági méretei

$S_{TE,l,\max}$ és $\overline{l_{CT,sz,TE}}, \overline{l_{CT,m,TE}}$ mérőszámainak meghatározása a terepen lévő technikai eszköz-féleségek ismeretében lehetséges.

A terep-cél együttesre vonatkozó további általános törvényszerűségek megállapítása céljából elégséges a céltábla felületek szélső értékeinek és terepi eloszlásuk szélső helyzeteinek vizsgálata.[6] Vagyis elégséges vagy a kizárólag élőerőt, vagy a kizárólag valamely egyetlen technikai eszközféleséget modellező céltábla (a továbbiakban, modell-céltábla) vizsgálata.

A modell-céltáblák alapjellemzői a következők:

- **Élőerő modellezésénél:**

$\overline{S_{CT,é,M}} \equiv 0{,}5$ [m²] (2.-9.)

$l_{CT,sz,é,M} = 0{,}29$ [m] (2.-10.)

$l_{CT,mz,é,M} = 1{,}75$ [m] (2.-11.)

$n_{CT,é,M} = \acute{a}lland\acute{o}$ [db] (2.-12.)

Ahol,

M index **:** a modellt jelöli

[6] A közbenső értékek és/vagy helyzetek állandó (szorzó) tényezők szerint különböz(het)nek a fenti konkrét számértékektől. A tényezők a célok felületi, vagy helyzetjellemző paraméter-értékeinek elemzésével (számítással is) meghatározhatók.

- **Technikai eszközök modellezésénél az $S_{CT,TE,M}$ és az $l_{CT,sz,TE,M}$ és $l_{CT,m,TE,M}$ számértékei meghatározhatók** az $S_{TE,l,\max}$ és az $\overline{l_{CT,sz,TE}}, \overline{l_{CT,m,TE}}$ paraméterek ismeretében.

Továbbá:

- **bármely fenti céltáblák leküzdése maximális biztonsággal abban az esetben valósítható meg, amennyiben a terepen lévő $R_{\max}$ távolságban lévő táblák is leküzdésre kerülnek – maximális hatékonysággal.**

Vagyis, az előzőekben foglaltak alapján a továbbiakban **elégséges az $R_{\max}$ távolságnál lévő táblák figyelembe vétele.**

Az $R_{\max}$-nál kisebb távolságoknál elhelyezkedő táblákra a (2., 3.) lábjegyetekben foglaltak vonatkoznak.

2.3. Modell-harcanyag/harcirész

A fenti harcanyag/harcirész hipotetikus konstrukciójú, szimmetrikus felépítésű és jellemzőjű, továbbá kizárólag repeszhatású modell-töltet (a továbbiakban modell-töltet)[7],

- amelynek középpontja a 2.2. pont szerinti *0* pontban van, és
- amely repeszburkolatból és az ebben lévő valamely brizáns robbanóanyagból áll[8] (2.3.-1. ábra).

Vagyis,

$$m_M = m_{rag,M} + m_{bur,M} \qquad (2.\text{-}13.)$$

Ahol,

m_M : a modell-töltet tömege (az *M*-index a modellt jelöli)

[7] Ez azt jelenti, hogy a modell-töltet működése során a robbanóanyag energiája kizárólag repeszképzésre és a repeszek, valamint a detonációs végtermék gyorsítására fordítódik.

[8] A modellezés szerint, a repeszképződés és a repeszek gyorsulása kizárólag a (robbanóanyagban haladó) detonációs hullám által generált ütőhullám-repeszburkolat kölcsönhatásának következménye.
Vagyis, minden egyéb (másodlagos) folyamat – pl.: a repeszek ütközés során bekövetkező aprózódása, a repeszek gyorsulása a detonációs végtermék áramlásának következményeként stb. – figyelmen kívül van hagyva.

m_{rag}, m_{bur} : a brizáns robbanóanyag és a repeszburkolat tömege

A repeszburkolat és a robbanóanyag (modellezéshez szükséges) jellemzői a következők.

2.3.1. Repeszburkolat

A repeszburkolat alapkja *R₁* és *R₂* sugarú gömbfelületekkel határolt gömbhéj – anyaga fémötvözet (célszerűen acél), amelynek valamennyi anyagjellemzője izotróp.

Vagyis,

$$R_1 > R_2 \tag{2.-14.}$$

$$m_{bur,M} = \frac{4\Pi}{3} \rho_{bur,M} (R_1^3 - R_2^3) \tag{2.-15.}$$

és

$$\frac{\partial([\rho, \sigma_\Sigma, \delta, \psi]_{bur,M})}{\partial(x, y, z)} = 0 \tag{2.-16.}$$

Ahol,

$[\rho, \sigma_\Sigma, \delta, \psi]_{bur}$: sorrendben – a burkolat alábbi anyagi jellemzői

ρ : sűrűség

$$\sigma_\Sigma = (\sigma_A, \sigma_F, \sigma_B) \tag{2.-16.-1.}$$

Ahol,

σ_A : arányossági határ

σ_F : folyáshatár

σ_B : szakítószilárdság

δ : szakadó nyúlás

ψ : kontrakció

A repeszburkolat folytonos felületű anyagának feldarabolása repeszekre, aprítási munkát igényel, amely munka és a repeszméret közötti

összefüggést – általános érvénnyel – az alábbi differenciálegyenleg írja le [8.].

$$dL = -C \frac{dl}{l_{rep,át}^{n}} \qquad (2.\text{-}17.)$$

Ahol,

L : a munka

$l_{rep,át}^{n}$: az átszámított repeszméret

És,

$$l_{rep,át} = \frac{l_{rep,x} + l_{rep,y} + l_{rep,z}}{3} \qquad (2.\text{-}17.\text{-}1.)$$

Ahol,

$l_{rep,x,y,z}$: a valamely repesz *x*, *y*, *z* (koordináta-tengely) irányú mérete,

és izotróp repeszburkolatnál statisztikai átlagban igaz, hogy [9.]

$$l_{rep,y} > l_{rep,z} > l_{rep,x} \qquad (2.\text{-}17.\text{-}2.)$$

és igaz, hogy [10.]

$$\frac{l_{rep,y}}{l_{rep,x}} \approx 2{,}7 \qquad (2.\text{-}17.\text{-}3.)$$

$$\frac{l_{rep,z}}{l_{rep,x}} \approx 1{,}7 \qquad (2.\text{-}17.\text{-}4)$$

Továbbá,

C, n: állandók, amelyek a fémötvözet szilárdsági jellemzőitől függenek, vagyis

$$C = f_C(keménység) \qquad (2.\text{-}18.)$$

$$n = f_n(\sigma_\Sigma) \qquad (2.\text{-}19.)$$

és amelyek számértékei – kísérleti vizsgálatokkal – meghatározhatók.

A differenciálegyenlet általános megoldása, a következő,

$$L = -C \frac{1}{1-n}\left(l_{rep,át,\max}^{1-n} - l_{rep,át,\min}^{1-n}\right) \qquad (2.\text{-}20.)$$

Ahol,

a *max.*, *min.* indexek, a repeszburkolatból képződő repeszek maximális és minimális átszámított repeszméreteit jelölik.

A fentieknek a kovácsolt acélok és (részben) az acélöntvények felelnek meg.[9]

A robbanóanyag töltet robbanásának következményeként a képződő repeszek összes tömege a következő:

$$m_{\Sigma rep} = \sum_{i}^{p} n_i m_{rep,i} \qquad (2.\text{-}21.)$$

Ahol,

n_i : az $m_{rep,i}$ tömegű repeszek mennyisége

és

$$m_{\Sigma rep} = K_{rep} m_{bur,M} \qquad (2.\text{-}22.)$$

Ahol,

K_{rep} : kísérleti vizsgálatokkal meghatározható állandó[10]

Továbbá,

$$m_{bur,M}(1 - K_{rep}) = m_{por} \qquad (2.\text{-}23.)$$

Ahol,

m_{por} : a repeszburkolat anyagából képződő por és füst együttes tömege, amely nem minősül repesznek

2.3.2. Brizáns robbanóanyag-töltet

A robbanóanyag-töltet alakja, R_2 sugarú gömb, anyaga valamely egynemű brizáns robbanóanyag (a továbbiakban robbanóanyag), amelynek valamennyi fizikai-kémiai és robbantástechnikai jellemzője izotróp és

[9] A kovácsolt acélok elsősorban (tüzérségi) repeszlövedékek és repeszbomba-burkolatok előgyártmányai, az acélöntvények aknalövedék-testek és előre gyártott repeszek alapanyagai.

[10] K_{rep}, fizikai (matematikai) számításokkal is meghatározható [11.].
K_{rep} értéke 0,80÷0,90 között változik a repeszburkolat anyagának mechanikai tulajdonságaitól és a robbanóanyag-töltet fizikai-kémiai jellemzőitől függően [4.].

amelynek iniciálása a $P_{rag,M}$ pontban történik valamely t_0 időpontban. Vagyis,

$$m_{rag,M} = \frac{4\Pi}{3} \rho_{rag,M} R_2^3 \qquad (2.\text{-}24.)$$

és

$$\frac{\partial([\rho, D, \Delta H]_{rag,M})}{\partial(x, y, z)} = 0 \qquad (2.\text{-}25.)$$

Ahol,

$[\rho, D, \Delta H]_{rag}$: sorrendben – a robbanóanyag alább anyagi jellemzői,

ρ ; sűrűség

D ; detonációsebesség

ΔH ; fajlagos (tömegegységre vonatkoztatott) detonációs entalpiaváltozás

Továbbá **a 2.2. pont szerinti** *0* **és a fenti** $P_{rag,M}$ **pontok térbeli helyzete** t_0 **időpontban – azonos.** Vagyis,

$$[0(x, y, z)]_{t_0} \equiv \lfloor P_{rag,M}(x, y, z) \rfloor_{t_0} \qquad (2.\text{-}26.)$$

2.4. A repeszmozgás modellezése

A modellt kettő egymásra épülő részmodellre célszerű bontani, nevezetesen a repesz – környező közeg és a repesz – cél kölcsönhatásainak részmodelljeire. A felosztás célszerűségét az indokolja leginkább, hogy az egységes fizikai törvények konkrét megnyilvánulási formái részmodellenként lényegesen különbözőek.[11]

[11] A repesz – környező közeg kölcsönhatásának fázisában (vagyis a robbanóanyag-töltet és a célfelület közötti tartományban) a repeszek mozgása leginkább eredményesen a külső ballisztika leíró, és számítási módszereivel vizsgálható, míg az azt követő fázisban vagyis, a repesz-cél kölcsönhatás során) elsősorban a mechanikai és a hidrodinamikai modellezések vezetnek használható eredményekre.

2.4.1. A repeszek mozgása terepen

A repeszburkolatból képződő repeszek a levegőben haladó és több-tengelyű forgómozgást végeznek[12] és röppályájuk ballisztikus. Mindezek magyarázata az, hogy a repeszek mozgását a nehézségi erő, a robbanóanyag detonációs hullámfrontja által generált ütőhullámfront – repesz kölcsönhatás és a repesz – levegő kölcsönhatás együttese befolyásolja és határozza meg.

A képződő összes repesz ballisztikus pályájának nyomon követése – elméletileg is – megoldhatatlan[13], ezért **a modellezésnél** olyan **egyszerűsítő feltételek alkalmazására kerül sor** a továbbiakban, amelyek külön-külön is és összességükben is megfelelnek a …. pont szerinti követelményeknek. **A feltételek a következők,**

- **A repeszek kizárólag haladó mozgást végeznek[14] olyan módon, hogy a repeszsebesség-vektor iránytangense megegyezik a röppálya érintő meredekségével, a ballisztikus röppálya valamennyi pontjában.** Vagyis,

$$\frac{\partial(\underline{v}_{rep})}{\partial(x,y,z)} \equiv \frac{\partial[f(v_{rep})]}{\partial(x,y,z)} \tag{2.-27.}$$

  A röppálya-görbe és bármely röppálya – húr által határolt terület, egy és ugyanazon sík résztartományát képezi[15].

  A fentiek a fizikai összefüggések tartalmait és értelmezéseit nem befolyásolják, ezek változásai kizárólag a számértékekben jelentkeznek. Nevezetesen, **mindazon függvényértékek mérőszámai változnak, amelyek független változói a repeszkeresztmetszetek**

[12] Háromtengelyű (*x*, *y*, *z* tengely irányú) forgó-, továbbá nutációs-, valamint precessziós mozgást a lövedékmozgáshoz [12.] hasonlóan.

[13] Szélső esetben az elméletileg végtelen számú repeszek mindegyikének nyomon követésére számítási módszerek egyrészt nem állnak rendelkezésre [13.], másrészt szükségtelenek is, mivel a repesz-sokaság vizsgálata statisztikus módszerekkel – elméletileg is – a maximális pontosságú eredményeket szolgáltatja [14.].

[14] Vagyis a (12.) szerinti mozgások figyelmen kívül vannak hagyva. Ez max. $0{,}2 \div 0{,}5$ % hibát jelent a ballisztikai számításoknál [9.].

[15] Ez a feltétel a (12., 14.) szerinti mozgások következménye.

és/vagy – felületek érdességi jellemzői. A mérőszámok kísérleti vizsgálatokkal – szükség szerint – meghatározhatók.

A mérőszámok mindegyikének változása (vagyis a mérőszámok távolság-gradiense) repeszenként különböző, ugyanakkor állandó az R_{max} sugarú területen. Vagyis

$$\frac{\partial(\lfloor X_{rep} \rfloor)}{\partial R_{\max}} = állandó \qquad (2.\text{-}28.)$$

Ennek megfelelően **a repeszek forgási keresztmetszetei**[16] (amelyek nem lineáris függvényei a geometriai szélsőérték keresztmetszeteknek) – közelítéssel – **egyenesen arányosak a geometriai (ezen belül pl.: az átlagos) keresztmetszetekkel, az R_{max} sugarú területen**[17]**.** Vagyis,

$$A_{\substack{\text{ker},rep,\,forgó \\ i}} = f\left(A_{\substack{\text{ker},rep,geom \\ \max,i}} \; A_{\substack{\text{ker},rep,geom \\ \min,i}} \right) \approx K_{A_{rep}} \; A_{\substack{\text{ker},rep,geom \\ átl,i}} \qquad (2.\text{-}29.)$$

Ahol,

$A_{\substack{\text{ker},rep,\,forgó \\ i}}$: a valamely forgó repesz keresztmetszete az L_{max} távolságon

$A_{\substack{\text{ker},rep,geom \\ \max,i}}$: az *i.* repesz maximális, minimális és átlagos geometriai felülete az L_{max} távolságon

$A_{\substack{\text{ker},rep,geom \\ \min,i}}$

$A_{\substack{\text{ker},rep,geom \\ átl,i}}$

És

$$A_{\substack{\text{ker},rep,geom \\ i}} = K_i l_{rep,át} \qquad (2.\text{-}30.)$$

A fentiek magyarázata az, hogy az L_{max} távolságon belül a repeszek lineáris és forgási sebességi lényegesen nem változnak – és hasonlóan, ugyanígy

[16] Forgási keresztmetszet alatt érendő az a hipotetikus statikus keresztmetszet, amelynek aerodinamikai jellemzői azonosan egyenlőek a forgó repesz átlagos aerodinamikai jellemzőivel a röppálya teljes szakaszán.
[17] A geometriai átlagos keresztmetszet és a hipotetikus statikus keresztmetszet (definíciószerűen) azonos.

nem változnak ezek levegőhöz viszonyított sebességei sem[18], ezért a fenti összefüggések szükségszerűen lineárisak.

Továbbá, **a repeszek felületeit burkoló (levegő) határréteg vastagsága gyakorlatilag állandó a röppálya teljes szakaszán[19]. Ennek következményeként a mozgó repeszek felületi érdességét befolyásoló aerodinamikai tényezők (lényegében) állandóak a röppályán.** Ez azt jelenti, hogy a repeszek aerodinamikai érdessége (vagyis a röppályán mozgó repeszek felületi érdessége) arányossági tényezővel kifejezhetően különbözik a repeszek statikus (vagyis a levegőhöz képest nyugalomban lévő) felületi érdességétől. Vagyis,

$$J_{\substack{rep,\,forgó \\ i}} = f\left(L_{hat}, J_{\substack{rep,start \\ i}} \right) \approx K_{\substack{J \\ i}} \, J_{\substack{rep,start \\ i}} \qquad (2.\text{-}31.)$$

Ahol,

J : a felületi érdesség (valamely) paramétere

L_{hat} : a (levegő) határréteg vastagsága

$_{stat-index}$: a statikus állapotot jelzi

Továbbá,

- **bármely repeszre ható légellenállási erőt – F_{rep} – az alábbi[20] összefüggés írja le a röppálya valamely pontján.**

$$F_{\substack{rep \\ i}} = \frac{1}{2} C_{\substack{rep \\ i}} \, A_{\substack{\ker,rep,\,forgó \\ i}} \left[v_{\substack{rep \\ i}} \right]^2 (x, y, z) \rho_{lev} \qquad (2.\text{-}32.)$$

Ahol,

$C_{\substack{rep \\ i}}$: légellenállási tényező

ρ_{lev} : a levegő sűrűsége

---

[18] A fentieket alátámasztják azok a kísérleti adatok, amelyek szerint a pásztázási távolságon 10^{-3} kg÷1 kg tömegű és v_0=300÷1000 m/s sebességű lövedékek fordulatszáma, max. 10^{-2} %-kal csökken [4.], sebesség-változásuk, max. 10^{-3} % [15.].

[19] Kísérleti adatok szerint, a 300÷1000 m/s sebességű repülő testek felületén a határréteg vastagsága, max. 10^{-5} m [16.].

[20] **NEWTON**-féle összefüggés [17.].

- **Az egyéb környezeti feltételek a röppályán** – így a levegőáramlási jellemzői (szél-sebesség, -irány), és állapotjelzőinek változásai (hőmérséklet-, nyomás-eltérések) – **figyelmen kívül vannak hagyva**, mivel ezek relatív mérőszámai – általában – elhanyagolhatóan kicsinyek.[21]

2.4.2. Repesz-cél kölcsönhatás

A repeszek célban kifejtett hatása soros és párhuzamos repesz-cél kölcsönhatási részfolyamatok összességének következményeként nyilvánul meg. A részfolyamatok közül tartalmi szempontból különböznek az egyetlen repesz, valamint a repeszek összességének kölcsönhatásai.[22] A kölcsönhatások vizsgálata, szükségessé teszi a valamely egyes repeszre, valamint a repeszek összességére vonatkozó (kölcsönhatási) feltételek külön meghatározását is.

2.4.2.1. Egyetlen repesz hatására vonatkozó feltételek

A valamely repesz-cél kölcsönhatás formája – és ennek következményeként, feltételei – **különböző a repesz hatásmutatójától függően.**

Hatásmutató alatt – definíciószerűen [18.] – a célok mennyiségi, valamint számszerűleg kifejezhető roncsolódási jellemzői értendők egyetlen repeszre vonatkoztatva, a következők szerint.

---

[21] Szélsőséges időjárási körülmények között a pásztázási távolság-tartományban (vagyis az R_{max} sugarú területen) és max. 1 másodperc időtartamon belül – vagyis a valamely repesz maximális repülési időtartama során – előfordul(hat)nak max. 50 m/s nagyságú szélsebességek és többszörös, max. 180° nagyságú szélirány-változások (széllökések, szélnyírások stb.)
Ezek hatásai a modell általános hibaösszegezésében empirikus korrekciós tagként kerülnek figyelembevételre.

[22] Ez leginkább abban nyilvánul meg, hogy potenciálisan egyetlen repesz is képes lehet egy vagy több cél leküzdésére és – szélső eseten – több repesz sem képes egyetlen cél leküzdésére sem.

- **Az egyszeres hatásmutatójú repesz behatol a cél anyagába és abban marad (energiáját a cél anyagában elveszti), vagy azon áthalad úgy, hogy abból kilépve energiáját elveszti.**

  A repeszcsatorna fala sima, keresztmetszetének alakja kör, nagysága azonos, tengelye egyenes.[23]

  Vagyis, **a** fenti hatásmutatójú **repesz – potenciálisan – egyetlen cél leküzdésére képes.**

- **A többszörös hatásmutatójú repesz áthalad a több egymást fedő cél anyagán és a legutolsó cél anyagát egyszeres hatásmutatójú repeszként roncsolja.**

  Vagyis, **a** többszörös hatásmutatójú **repesz – potenciálisan – több cél leküzdésére képes.**

- **A hatástalan – vagyis a modell szerint nulla hatásmutatójú repesz – gyakorlatilag egyetlen cél leküzdésére sem képes.[24]**

Továbbá,

- **az alkalmazott (jelen) modell szerint a cél anyagában haladó repeszek nem darabolódnak.[25]**

A fenti hatásmutatójú repeszek leküzdőképességein belül (a továbbiakban) nem képezik elemzés tárgyát külön a harcképtelenséget, vagy a megsemmisítést okozó rész-képességek, mivel ezek különbségeinek ismerete valamely harcászati és/vagy hadműveleti tevékenység eredményessége vonatkozásában – elsődlegesen – nem szükséges.

[23] A tényleges repeszcsatorna fala egyenetlen, barázdált és keresztmetszetének alakja szabálytalan zárt szelvény, amelynek nagysága változó, továbbá tengelye nem egyenes [9.].
[24] Vagyis, nem hatol be a cél anyagába úgy, hogy abban benn is maradjon.
[25] Kiemelendő, hogy mindazon technikai megoldások, amelyek alkalmazásának eredményeként a repeszdarabolódás továbbfolytatódik a cél anyagában – rendkívül nagy haditechnikai jelentőséggel bírnak.
A továbbdarabolódó repeszek hatásainak elemzésére a jelen modell felhasználható, többszörös iterációs számítási módszer alkalmazásával.

2.4.2.2. A repeszek összességének hatására vonatkozó feltételek

A modellt illetően, egyetlen feltétel megállapítása szükséges és elégséges. Nevezetesen, **a** valamely cél felületét elérő **repeszek közül kizárólag a pozitív hatásmutatóval rendelkező repeszek képesek – potenciálisan – a cél leküzdésére, vagyis kizárólag ezek a hatásos repeszek.**[26] Ezért

$$n_{hat} = K_{hat} \sum_{i}^{p} n_i \qquad (2.\text{-}33.)$$

Ahol,

n_{hat} : a hatásos repeszek mennyisége

K_{hat} : kísérleti vizsgálatokkal meghatározható állandó

3. A MATEMATIKAI MÓDSZER

Az egzakt tudományterületeken – így a katonai-műszaki tudományos tevékenységeknél is – **általánosan használt és az 1. pontban foglaltaknak is megfelelő alkalmazott matematikai módszer** kvantitatív és magában foglalja többek között az analízis (a harmonikus és a valós, valamint a komplex függvényanalízis) a függvényelmélet, a differenciálegyenletek és a sztochasztika – ide vonatkoztatható – kidolgozott eljárásait.[27] Ennek megfelelően **a repeszhatás és -hatékonyság (jelen) leírásánál a fenti alkalmazott matematikai módszer valamely eljárása(i) kerül(nek) felhasználásra.**

Ismételten kiemelendő, hogy **a lehetséges eljárások** bármelyikének **alkalmazásánál, a rendezőelv a hivatkozott OCCAM borotvája, amely önmagában a matematikai módszer maximális egyszerűsítését is jelenti** – a valóságos folyamatokra vonatkozó értelmezés – megmaradások lehetséges határáig.

[26] A feltétel, a 2.4.2.1. pontban foglaltak következménye.
[27] Vagyis, a fizikai modell tartalmával összhangban kerül sor a matematikai módszer (és eljárások) kiválasztására és alkalmazására.

Továbbá, **bármely matematikai módszer minden esetben, szükségszerűen a valóságos folyamatok egyszerűsítését jelneti, ezért a** valamely lehetséges (módszer) eredményeként megjelenő **matematikai levezetések valóságtartalmainak érvényessége és ezek értelmezési tartományai, kizárólag a gyakorlattal való összehasonlítás alapján és eredményeként állapíthatók meg.**

A fentiek – túlmutatóan azon, hogy megfelelnek az 1. pontban foglaltaknak – **azt is jlentik, hogy mind a matematikai módszer, mind az eljárások** külön-külön is – a 2. pont szerinti fizikai modell egzakt kifejtése során **nyomon követhetők és kontrollálhatók.**

4. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A jelen publikációban **meghatározásra került a repeszhatás és – hatékonyság leírásának szabatos tartalma, nevezetesen az ide vonatkoztatható fizikai modell és matematikai módszer együttese.**

Szintén meghatározásra és bemutatásra kerültek a fenti tartalmú kifejtésekhez szükséges feltételrendszer főbb ismérvei, nevezetesen az egzakt tudományok – és ezeken belül is elsősorban – a természet- és hadtudományi kutatások **korunk színvonalán érvényes (ide vonatkoztatható) eredményei.**

Megállapítást nyert, hogy a leírás – amely fizikai modell és matematikai módszer együttese – **egyszerűsíthető azon határokig, amelyek még megfelelnek a valóság tudományos módszerekkel értelmezhető (mérsékelt torzítású) leképzésének.** Ez azt jelenti, hogy csak és kizárólag az a modell és módszer együttes tekinthető megfelelőnek, amelyekből kizárólag a valóságos folyamatokra vonhatók le megállapítások és ezek bizonyíthatóan érvényesek.

A kutatás (rész)eredményeként **bizonyítást nyert,** és a jelen publikációban bemutatásra került **az a felismerés, hogy a hivatkozott leírás** fentieknek megfelelő **fizikai modellje megalkotható és** ezzel párhuzamosan **a** leírás szükségleteinek optimálisan megfelelő **matematikai módszer is kiválasztható (illetve, részben) kidolgozható és** az ezen együttes alkalmazásával **a repeszhatás és –hatékonyság egzakt analitikus leírása, reális célkitűzési lehetőség** (az **1. rész 2. CÉLKITŰZÉS** pontjában foglaltaknak megfelelően).

Szintén **bizonyítást nyert** és kifejtésre került továbbá **az, hogy a (várható) fenti analitikus forma szerinti eredmények gyakorlati ellenőrzéseinek elméleti akadálya nincs**, vagyis a kutatás érvényessége tudományos kritériumoknak megfelelően igazolható, összességében és a részeredmények vonatkozásaiban is – egyaránt.

5. IRODALOMJEGYZÉK

[1.] GALILEI G.: Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből, Budapest, 1986. (Forrás; Leiden, 1638.).

[2.] MOODY, E. E.: The Logic of William of Occam. New York, Russel and Russel, 1965. (Forrás; Ockham, Summa logicae, 1341.)

[3.] MAURER I., GY.-ORBÁN B.-RADÓ F.-SZILÁGYI P.-VINCZE M.: Matematikai kislexikon, Bukarest, 1983.

[4.] FEGYVER- ÉS LŐSZERTECHNIKAI KÉZIKÖNYV, Budapest, 1984.

[5.] EGYSÉGES LÖVÉSZETI SZAKUTASÍTÁS, MAGYAR HONVÉDSÉG, 1994.

[6.] EGYSÉGES LÖVÉSZETI SZAKUTASÍTÁS, MAGYAR HONVÉDSÉG, 2005.

[7.] BALLISTIC RESISTANCE of PERSONAL BODY ARMORS, US Department of Justice, 2001.

[8.] PERRY, J. H.: Vegyészmérnökök kézikönyve, Budapest, 1968.

[9.] HARMOS Z.-FERENCZY B.-IKVAY M.: Tüzérlövészettan, Budapest, 1937.

[10.] BOHUS-HORVÁTH-PAPP: Ipari robbantástechnika, Miskolc-Tatabánya, 1982.

[11.] LŐSZER ANYAGISMERET, Tüfe/136., Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1980.

[12.] KRASZNOV, N. F.: Aerodinamika tyel vrascsenyija, Moszkva, 1964.

[13.] LANDAU-LIFSIC: Elméleti fizika, VI., Budapest, 1981.

[14.] LANDAU-LIFSIC: Elméleti fizika, V., Budapest, 1981.

[15.] KLICHE, D. MUNDT, Ch. HIRSCHEL, E. H. WEILAND, C.: The Hypersonic Mach Number Independence Principle for Inviscid and Viscous Flow, 27th International Symposium on Shock Waves, St. Petersburg, 2009.

[16.] KAZUHIKO YAMADA, TAKASHI ABE, YUKA KATO: Hypersonic Flow around Flare-type Membrane Aeroshell with Torus Frame, St. Petersburg, 2009.

[17.] POROHOV, A. M.: Fizicseszkij enciklopedicseszkij szlovar, Moszkva, 1984.

[18.] MOLNÁR L.: Implóziós robbantás, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1992.