

**Kovácsházy Miklós<sup>1</sup>**

## **A PÁNCÉLOZOTT HARCJÁRMŰVEK MOZGÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA**

A kerekes és lánctalpas futómű alkalmazási területei

### **EXAMINATION OF THE MOBILITY OF ARMORED COMBAT VEHICLES**

The application areas of the wheeled and tracked running  
gears

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2024-TK-Kulonszam-128](https://doi.org/10.30583/2024-TK-Kulonszam-128)

#### **Absztrakt**

*A szárazföldi helyváltoztatás (terepjárás) feladatát a természet - egyes hüllők és puhatestűek kivételével (kígyók, csigák, gyűrűsférgék stb.) - a lábak alkalmazásával oldotta meg. Az emberiség által alkotott járművek esetében a kerekes futóművek terjedtek el az egyszerű szerkezeti kialakításuknál fogva, a folyamatos pálya igényének hátrányával.*

*A lánctalpas futómű a kerekeket átfogó, végtelenített lánctalp által folytonos szilárd pályát terít maga elé. A kialakítás előnyei közé sorolható, hogy a jármű tömegét és erőforrásának vonóerejét nagyobb felületen elosztva nem épített, kis teherbírású pályán (terepen) megfelelő mozgékonyt biztosít. A katonai alkalmazásban mindkettő futómű megtalálható. Tanulmányomban a mozgékonyt menti összehasonlítás alapján keresem a kerekes és lánctalpas futómű katonai alkalmazásának a lehetséges határait. A várt eredmény felhasználható lehet harcjárművek feladatorientált beszerzése során, valamint meglévő harcjárműállomány kitűzött feladathoz megfelelő eszközeinek kiválasztására egyaránt.*

**Kulcsszavak:** lánctalp, kerék, futómű, mozgékonyt, terepjárás, harckocsi, páncélozott harcjármű

---

<sup>1</sup> Dr. Kovácsházy Miklós okl. gépészmérnök,

## Abstract

The task of the offroad mobility (cross country movements) primarily solved in the nature by using legs. In contrast, the vehicles created by mankind generally have wheeled chassis due to their structural simplicity, with the disadvantage of the need for a continuous trail. The tracked running gear spreads a continuous, solid trail in front of it by an endless caterpillar covering the wheels. The advantages of the design include the fact that the weight of the vehicle and the traction power of its resource are distributed over a larger surface, ensuring adequate mobility on unbuilt, low-load-bearing trails (off-road). There are examples of both running gear types in the field of the self-propelled military vehicle applications. In my study, I try to find an answer by the comparison by the terms of mobility, to the borders of the military applications of these two running gear solutions. The expected result can be used during the task-oriented procurement of combat vehicles, as well as in the selection of the appropriate assets of the existing combat vehicle fleet for the planned task.

**Keywords:** track, wheel, running gear, mobility, off-road mobility, tank, armoured fighting vehicle (AVF)

## Bevezetés

A természettel kölcsönösségben élő ember számára az egyik legnagyobb kihívás a távolság térben és időben történő leküzdése. Ennek természetes módja a járás, mint önerejű haladás. Az ember törzsének továbbítását egybefüggő pálya igénye nélkül, lábainak támaszról-támaszra helyezésével, a talpfelület és a talaj erő- és/vagy alakzáró kényszerkapcsolatával valósítja meg. Adottságai azonban - kitartása és teherbírása mellett - helyváltoztatása sebességében is korlátozzák. Ezért kezdetben az állatokat és a szánt, majd a kereket alkalmazta. Megjegyzendő, hogy a természet a terepi helyváltoztatás céljából mozgásszervként bőrizomtömlőt, lábakat (csillók, uszonyok) alkalmaz, kereket nem. Ezáltal a kerék az emberiség egyik legnagyobb találmánya. Napjainkra a mind kifinomultabb gépek és az önjárás lehetőségének párosításával létrejöttek a mozgékony feladataira rendszerezhető járműosztályok.

A szárazföldi harcjárművek jelentős részénél a kerék látja el a hordozó, hajtó és kormányzási feladatokat. Azonban a pályát „letapogatóan” folyamatos talajfogása hátrányosnak mutatkozik, a lábak csupán

egy-egy támpontra irányuló talajfogásával szemben. Laza talajon a jármű elmerül, mivel a futóműnek a talajjal érintkező felülete kicsi ahhoz, hogy a talaj elbírja. Mégis, a cél a jármű mozgékonyságának megőrzése a süllyedés megállításával, a „lebegtetés” állapotát biztosítva. Esetenként csökkenhet a kerék „lebegtető” hatása, amelyre a jármű elé folyamatosan fektetett segédpálya alkalmazása, azaz a lánctalp (akár gumiheveder) az elterjedten használatos megoldás.

A páncélozott harcjárművekkel szemben támasztott katonai igény az, hogy az eszköz által hordozott fegyverzet a célban az adott helyen és a megfelelő időben fejtse ki hatását. Ennek mind tökéletesebb megvalósításának alapja a páncélozott harcjárművek mozgékonyága. E széles területet átölelő fogalmat a katonai szempontok szerint részletezem.

## Harcászati mozgékonyság

A helyváltoztatás szükségességének az ellenséggel való érintkezés közben két fő követelménye van. A jó **terepjáró képesség**, valamint a jó gyorsulást, a nagy sebességet és a hirtelen irányváltás lehetőségét magába foglaló **fürgesség**, amelyek birtokában megfelelően lehet reagálni az éles helyzetek gyorsan változó körülményeire. [1] Mivel a harcjárművek rendeltetésüknek megfelelően, üzemidejük meghatározó hányadát terepjárással töltik, a terepegyenetlenségek megfelelő leküzdésére nagy hangsúly kerül. A természet által alakított felszín változatos lehet: árkok, töltések, sziklák, rézsűk, növényzet, hó, jég. Ezekon kívül az időjárás is különböző mértékben nehezítheti a helyváltoztatást.

A terepegyenetlenségek besorolása lehetőséget ad a harcjárművek mozgásképességének megítélésére. Mikroakadályoknak nevezzük a 0,25 m-nél kisebb terepegyenetlenségeket. Az ennél nagyobbak a makroakadályok. Az előbbiek leküzdése alapvető elvárásnak tűnik harcjárművek esetén, mégis fontos, hogy azokon milyen sebesség és üzemanyag-fogyasztás mellett képesek áthaladni. A harcjármű mozgékonyságának megítélését jellemzően csupán a makroakadály leküzdő képessége alapján végzik. A mikroakadályokat sebességcsökkentő hatásként veszik figyelembe. [2/20]

Az állandó lengéseket gerjesztő mikroakadályokon áthaladó harcjármű egy időben lejátszódó, összetett bólintó, billegő és szitáló mozgást végez. A függőleges irányú lengéseket jellemzően a terepprofil gerjesztése hozza létre. A vízszintes lengéseket a vonóerő és a páncélozott

harcjármű sebességének változása eredményezi. A keresztirányú lengések a terepprofil eltéréseiből és az irányváltásból adódnak. A keletkezett lengésgyorsulás befolyásolja a kerékterhelést, így a kerék gördülősugarát is, miközben minden esetben módosítja a terepprofil, amelyen halad, növelve vontatási teljesítményszükségletét. Ezzel a talaj és a kerék közötti csúszás (szlip), így a vonóerő-átadás is folyamatosan változik, amellyel a páncélozott harcjármű stabilitása és kormányozhatósága romlik. [2/337] A nagy dinamikus feszültségeket kiváltó rázkódás egyes gépelemekben akár kifáradásos töréshez is vezethet, valamint a kezelőkre és a szállított katonákra is hatással van, harckésztségüket ronthatja.

Ezért a sebesség harcjárművek esetén az alábbi módon értelmezhető:

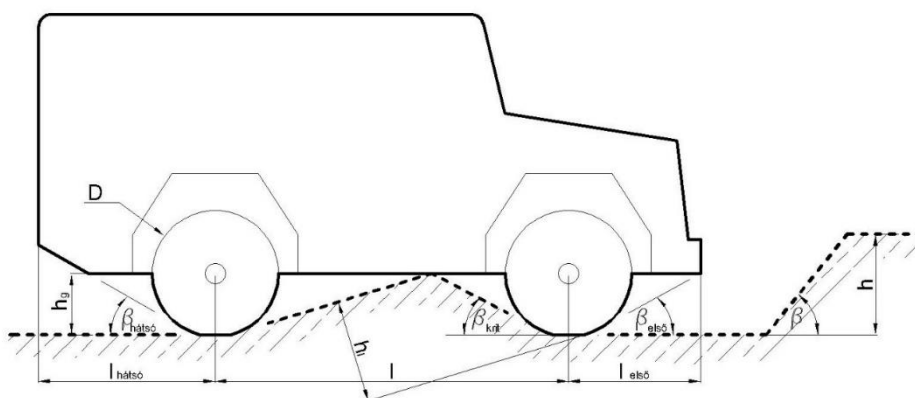
- Műszaki sebességhatár: a legnagyobb sebesség, amely műszaki szempontból megvalósítható. Sok esetben ez az emberi test számára már nem elviselhető, így a vezető kénytelen csökkenteni a sebességet.
- Elviselhető sebességhatár: az a sebesség, amely a személyek és szerelvények szempontjából elviselhető feladataik hatékony elvégzése közben.
- Harcászati sebességhatár: A parancs végrehajtásához szükséges sebesség.

A mikroakadályok leküzdése során tehát a páncélozott harcjármű sebességét a kezelőkre, a szállított személyekre és a rakományra ható függőleges gyorsulások, azaz tűrőképességük és az eszköz műszaki lehetőségei korlátozzák. Így a mikroakadály-leküzdő képesség vizsgálatának célja annak az átlagsebességnek a kiszámítása, amelynél a felépítmény kitüntetett pontjaira (pl. valamennyi ülésre) ható lengésgyorsulások (lengésgyorsulás-szórások) még az elviselhető értéken belül maradnak. [2/337] Nagyságát a vizsgálati terepszakaszok terepprofiljából adódó eredő mozgások és gyorsulások figyelembevételével, továbbá a harcjármű tengelyei körüli elfordulások, a keréktengelyek, a páncéltest és a kezelők súlypontjának függőleges elmozdulásai vizsgálatával határozzák meg. A kezelők utazási kényelmének határát több szubjektív módszerrel vizsgálják, például a rázóasztalon történő vagy menet közbeni mérésekkel stb. [3] A többtömegű lengőrendszerként viselkedő páncélozott harcjármű szimulációját számítógép végzi. A számítás az adott terepprofilon a legkisebb sebességtől kiindulva sebességlépcsőkben történik a páncélozott harcjármű által elérhető leg-

nagyobb sebesség eléréséig vagy a vezetőüléson keletkező lengésgyorsulás megengedhető legnagyobb gyorsulásszórásáig. Az első esetben a jármű utazósebességét a talaj és a járászerkezet között fellépő tapadás vagy a motorteljesítmény, utóbbi esetben az útminőség (terepprofil) korlátozza. [2/337]

A páncélozott harcjárművek hajtóanyag-fogyasztásának meghatározása közvetett méréssel történik. Ehhez járműtípusonként meghatározandó a hajtóanyag-fogyasztás és a kipufogógáz-hőmérséklet függvénykapcsolata különböző járműterheléseknél. A kifinomult futómű alkalmazása módot ad az átlagsebesség fokozására, az átlagfogyasztás csökkentésére, nagyobb harcászati mozgékonytágot eredményezve. Következésképpen a hordozott fegyverzetet érő találatok valószínűségének csökkentése, illetve a túlélőképesség-növelés lehet.

Egy páncélozott harcjármű olyan makroakadályokat tud leküzdeni, amelyeken nem akad fenn az alja, orr- és farrésze. Ehhez elengedhetetlen a szükséges vonóerő kifejtésének feltételezése, hiszen akadályon történő áthaladás közben változhatnak a talajfogás és vele a vonóerő-átadás körülményei. Kerekes terepjárművek hossz- és keresztirányú makroakadály-leküzdő képessége a Mieczysław Gregory Bekker vezetésével kidolgozott áthatolási (Vehicle Slope Elevation –VSE) függvény segítségével írható le. A páncélozott harcjármű és a terepakadály 1. ábrán bemutatott geometriai adatai között kapcsolatot létesítő módszer a haladási sebességet figyelmen kívül hagyja.



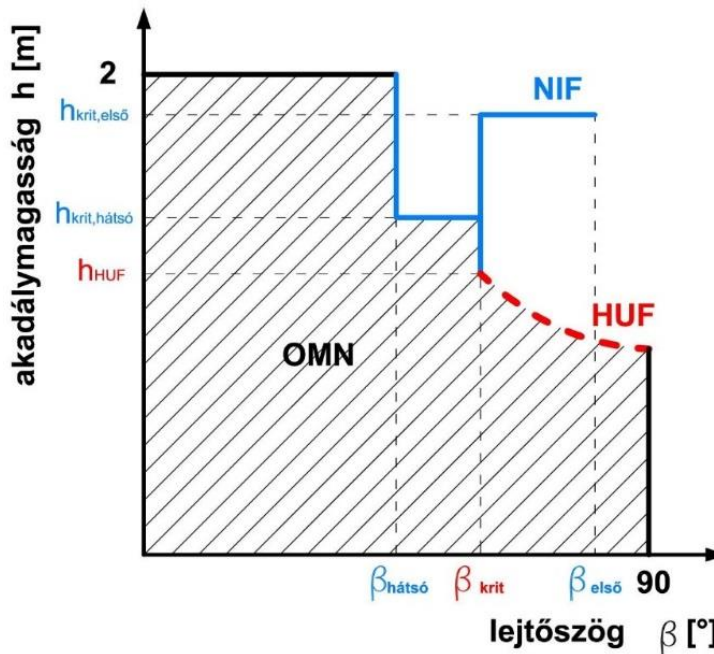
1. számú ábra. Négykerekű páncélozott harcjármű és a terepakadályok jellemzői [2,4] (a szerző kiegészítésével)

Ahol:

- $l$  [m] tengelytávolság;
- $l_{\text{első}}$  [m] első, illetve  $l_{\text{hátsó}}$  [m] hátsó kinyúlás;

- $D$  [m] kerékátmérő és -szélesség;
- $h_g$  [m] hasmagasság.;
- nyomtávolság;
- $\beta_{\text{első}}$  [°] első-, (oldalsó-) és  $\beta_{\text{hátsó}}$  [°] hátsó terepszög;
- $\beta$  [°] tereplépcső hajlásszög;
- $h$  [m] tereplépcső magassága.

A módszerrel meghatározható a kereszt- és hosszirányú has- (Hang Up Failure – HUF), illetve az orr- és farfelütközés (Nose In Failure – NIF) határgörbéje, azaz, hogy mekkora akadálnál érinti a páncélozott harcjármű alváza és első, valamint hátsó kinyúlása a talajt. A páncélozott harcjármű geometriai adataiból előállított HUF- és NIF-függvények összeadása eredményezi a 2. ábrán látható teljes áthatolási görbét.



2. számú ábra. Páncélozott harcjármű áthatolási (VSE) görbéje [4]

A függvény alatti terület mutatja a páncélozott harcjármű akadályleküzdő képességét, azon akadályok lejtőszögeinek és magasságainak tartományát, ahol a páncélozott harcjármű haladása közben még nem akad el. Minél magasabb a VSE-függvény, annál jobb a páncélozott harcjármű akadályleküzdő képessége. A függvény alatti terület meghatározásával kapott makroakadály-mobilitási szám (Obstacles Mobility Number – OMN) önmagában is alkalmas arra, hogy a jármű-

veket makroakadály-leküzdő képességük szerint minősítsük, rangsoroljuk. [4] A kerekes páncélozott harcjárművek áthatolási görbével nem leírható árokáthidaló képessége korlátozott. Tapasztalat szerint a négykerekű, kéttengelyes eszköz a kerékátmérő kétharmadának, a hatkerekű a tengelyek egymástól való távolsága 4/5 részének megfelelő árkon tud áthaladni. [5/31-32]

A lánctalpas páncélozott harcjármű esetén a süppedő, laza talajon nehézkesen létrehozható vonóerő mellett az árkok vagy nagyobb buccák leküzdése szintén okozhat nehézséget. Az előzőekhez hasonlóan, némi egyszerűsítéssel itt is meghatározható az OMN-érték. Harckocsinál a teljes páncéltesten elhelyezett keréksort átölelő lánctalpak miatt hosszirányban csupán a NIF-eseményeket lehetne számolni a lánctalp talajtól elváló ágainak szöge alapján. Azonban az „orr- és farpáncél” szöge a lánctalp fellépő szögével legalább párhuzamos, így az orr-, valamint a farfelütközés esete nem várható. Keresztirányban a HUF számítása változatlan. [2] A lánctalpas eszközök árokáthidaló képessége a harcjármű súlypontjától függően a lánctalp felfekvő hosszúságának 2/3 része. A lánctalpas harcjármű földszánra, lépcsőre, gátra történő felmászásakor a lánctalp talajjal érintkező felülete csökken, a páncélos tömege a lánctalp 1/5–1/6 részére esik. Ez jelentősen megnöveli a fajlagos talajnyomást, amelynek következtében a lánctalp megcsúszhat. Az így, esetleg magát beásó harcjármű mozgásképtelenné is válhat (pl. amikor a haspáncél már „felül” a talajra). [5/31-32]

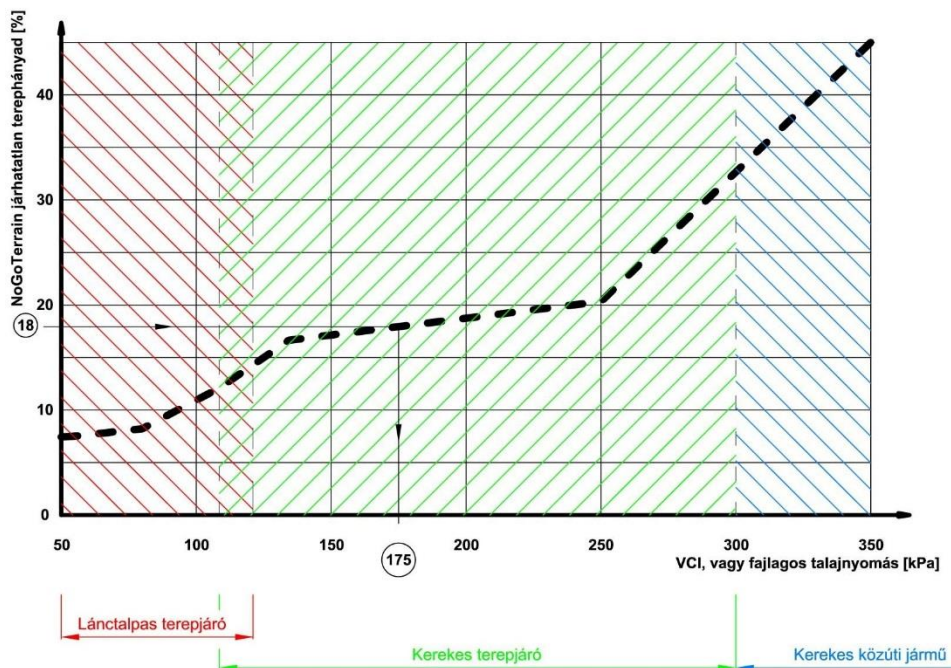
A talajt borító növényzet benövési sűrűsége, állaga, valamint az időjárási körülmények különböző mértékben nehezíthetik az előrejutást. A fagypont körüli hőmérsékletű hó például jobban tapad, ami vonóerő szempontjából ugyan előny, de a lánctalpakra és a kerekekre azonnal ráfagyva már akadályt is jelenthet, akár mozgásképtelenséghez is vezethet.

A páncélozott harcjárművek csupán élettartamuk töredékét üzemelnek vízben, ezért vízi sebességük kérdése másodlagos. Az úszóképes páncélozott harcjárművek egyes szerkezeti elemeit (pl. fékszerkezet) vízmentessé, nyílásait vízzáróvá kell tenni. A nagy tömegű harcjármű (pl. harckocsi) fő méretekből adódó vízkiszorítása nem elégséges az úszáshoz. Így a vízi akadályok leküzdésére víz alatti átkelő berendezés vagy az úszást segítő kiegészítők használatosak. [5/61]

A páncélozott harcjármű harcászati mozgékonyasága a terep jellemzői felől vizsgálva a talajtámasztó képességet (terhelhetőséget) és a járműre jellemző fajlagos talajnyomást együttesen figyelembe vevő

VCI<sup>2</sup>-értékkel és a NoGoTerrain<sup>3</sup>-mutatóval is jellemezhető. Természetesen nagy befolyással van rá az éghajlat, valamint a növényzet változása. Összességében: minél magasabb a VCI vagy az adott eszköz fajlagos talajnyomása, annál kevésbé mozgékony a páncélozott harcjármű az adott terepen. A páncélozott harcjármű mozgékonyágát nagymértékben befolyásolják a különböző talajokon történő vontatási, manőverezési körülmények (mint például a száraz, nedves, homokos vagy akár havas talaj, különféle terepakadályok, árkok, növényzettel borított, lejtős terep). A kisebb VCI érték nemcsak a jobb – laza, akár növényzettel fedett talajon megvalósítható – mozgékonyágot jelenti, hanem a jobb emelkedőmászó és terepakadály-leküzdő képességet is. [6]

A 3. ábrán jól érzékelhető a lánctalpas futómű fölénye a kerekesekhez képest. Az 50–120 kPa fajlagos talajnyomással rendelkező lánctalpasok esetén – szemben a terepgumikkal elérhető 105-300 kPa talajnyomású kerek páncélozott harcjárművekkel – a járható terep aránya nagyobb, azaz terepjáró képességük, így harcászati mozgékonyáguk is magasabb.

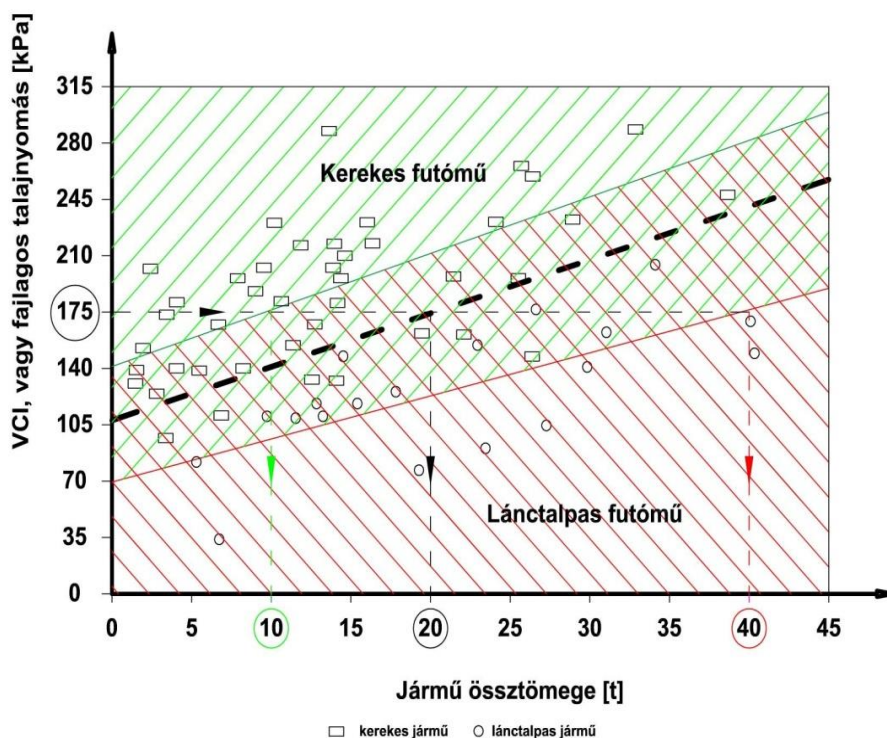


3. számú ábra. VCI a NoGoTerrain függvényében [6] (a szerző kiegészítésével)

<sup>2</sup> Vehicle Cone Index = Jármű Kúpos Index: A talaj ellenállását jellemző érték, a kúpos penetrométer mérőkúp alakterületére vetített terhelés kPa-ban mérve.

<sup>3</sup> Adott típusú szárazföldi járműre vonatkoztatott járható, illetve járhatatlan szárazföldi terep (terepi mozgékonyág) százalékban mért megoszlása.

A 4. ábra 68 darab kerekes és lánctalpas páncélozott harcjármű eloszlását mutatja az össztömeg és a fajlagos talajnyomás függvényében. A kerekes és lánctalpas járművek között enyhén emelkedő határvonal (vastag szaggatott) húzható. Az egyes járművek eloszlásának átlagát egy-egy, szintén emelkedő vonal mutatja (vékony).



4. számú ábra. A mozgékony és a harcjármű tömegének kapcsolata [7/3–23] (a szerző kiegészítésével)

Megfigyelhető, hogy a lánctalpas harcjárművek talajteherbírési igénye (vagy fajlagos talajnyomása) jellemzően a ~18%-os NoGoTerrain-értékhez tartozó 175 kPa VCI alatti. Ez a VCI-érték a fenti diagramban a kerekes harcjárművekre vonatkozó átlagos eloszlásegyenest ~10 t össztömeg közelében metszi. A 10 t fölötti kerekes járműveknek összetettebb/bonyolultabb kialakítással és minimum 6 × 6 kerékképlettel kell rendelkezniük, hogy fajlagos talajnyomásukat 175 kPa alatti értéken tartsák. A 175 kPa VCI a kerekes és lánctalpas harcjárművek közötti határvonalat a ~20 t össztömegnél metszi. A lánctalpas eszközökre vonatkozó átlagos eloszlási egyenest a VCI=175 kPa, a 40 t össztömeg közelében metszi. Így a tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a nagy mozgékony kerekes harcjárművek össztömegének felső határa 20 tonna környékén húzható meg. A lánctalpas harcjárművek

esetén ez az érték 40 t. A kizárólag kerekes harcjárművek össztömegének felső határa 10 t-nál vonható meg. A 20 – 40 tonna közötti terület jellemzően lánctalpas eszközökre vonatkozik. A 10 – 20 tonna közötti területen nagy számban található kerekes és lánctalpas harcjármű, így abban a tömegkategóriában az eszközválasztás egyéni döntést igényel, amelyre nagy befolyással van annak rendeltetése. [7/3–23]

A vizsgálatok és a harctéri tapasztalatok alapján a ~18%-os NoGo-Terrain-érték (szárazföldi terepek ~12%-a nem járható gépjárművel, azaz ~82% terepi mozgékonyaság) a harc közbeni manőverek szempontjából megfelelőnek tekinthető. Ez maximum 175 kPa talajteherbírással párosul nedves időjárási körülmények között. [7/3-22] A mozgékonyaság szempontjából a lánctalpas harcjármű jobb megoldást kínál többcélú – küldetése során, különféle terepeken, bonyolult felszínen tevékenykedő – felépítmény szállítására, mert a lánctalp a keréknél nagyobb felfekvő felülettel rendelkezik, így kisebb VCI-t eredményez. Ha a katonai műveletek épített utakra korlátozódnak, a kerekes harcjárművek kiemelkedő mobilitást és utazósebességet mutatnak, de amikor terepre, nedves, havas talajra kerülnek, mozgékonyaságuk jelentősen lecsökken. [6] További – e dolgozat tartalmi és terjedelmi keretein túlmutató – kutatási területet kínál a harcászati mozgékonyaság olyan függvénnyel történő értékelése, amelynek változó értékeit a terep jellemzői (terepprofil, VCI, NoGoTerrain), függő értékeit a jármű adottságai (OMN, átlagsebesség, átlagfogyasztás) nyújtják.

Az előzőkhöz jól illeszkedően, az amerikai terminológia szerint három „*terepszázalékkal*” ( $t_{sz}$  – az eszköz üzemideje során terepi – közúti mozgásának százalékos megoszlása, röviden terepi mozgás) kifejezhető, rendeltetéstől függő jellemző harcászati mozgékonyasági igénybevétel – terepjárás szint különböztethető meg: a fokozott terepjárás szintje (*Tactical high mobility*,  $t_{sz}=60\%$ ), a közepes terepjárás szintje (*Tactical standard mobility*,  $t_{sz}=30\%$ ) és az alacsony terepjárás szintje (*Tactical support mobility*,  $t_{sz}=15\%$ ). Az 1. táblázatban összefoglalt kategóriák közti különbséget az eltérő terepjárás szintek képezik.

A súlyponti műveletek, mint például a támadás, az ellenség feltartása, üldözése, jellegéhez illeszkedően 60% terepi mozgással járó ( $t_{sz}=60\%$ , 60% terepi – 40% közúti mozgás) fokozott terepjárás szintet követelnek meg az eszköztől. Ezt a mozgékonyasági követelményt 20 t össztömeg felett a kiemelkedő terepjáró képességük miatt kizárólag a lánctalpas eszközök tudják teljesíteni. 10 és 20 t között a lánctalpas harcjárművek mozgékonyabbak, akadályleküzdő képességük nagyobb. 10 t alatt a ke-

rekés és lánctalpas járművek mozgékonyági tulajdonságai megegyeznek. A közepes terepjárási szinthez a 30% terepi mozgást igénylő területvédő, érdekfenntartó, felderítő, illetve súlyponti műveleteket követő szerepkört betöltő harcjárművek tartoznak. Azok között megtalálhatók kerekes és lánctalpas eszközök egyaránt, mégis 20 t össztömeg alatt e feladatkörre a kerekes harcjárművek alkalmasabbak.

A TEREPJÁRÁS JELLEMZŐ SZINTJEI [7/1–27, 1-59]

1. számú táblázat

Terepjárási szint		Rendeltetés		
		Harcoló	Harctámogató	Harckiszolgáló
Alacsony terepjárás ( $t_{sz}=15\%$ ) [Tactical support]		Kerekes		
Közepes terepjárás ( $t_{sz}=30\%$ ) [Tactical standard]				
Fokozott terepjárás ( $t_{sz}=60\%$ ) [Tactical high]	$m < 10$ t	Kerekes és lánctalpas		
	$10 \text{ t} < m < 20 \text{ t}$			
	$m > 20$ t	Lánctalpas		

(kiegészítette a szerző)

Az alacsony terepjárási szinthez a 15% terepi mozgást igénylő műveleteket, mint például (segély)szállítmányok kíséretét, utánpótlás biztosítását végrehajtó harcjárművek tartoznak. Ezekre a feladatokra a kerekes harcjárművek alkalmazása előnyösebb. A US Army tapasztalatainak értékeit magába foglaló 1. táblázatból is jól látszik a kerekes, illetve a lánctalpas páncélozott harcjárművek alkalmazási, illetve tömegkategória szerinti elkülöníthetősége, amely további adalékot nyújt a kétfajta futómű közötti határ kijelöléséhez.

## Hadműveleti mozgékonyág

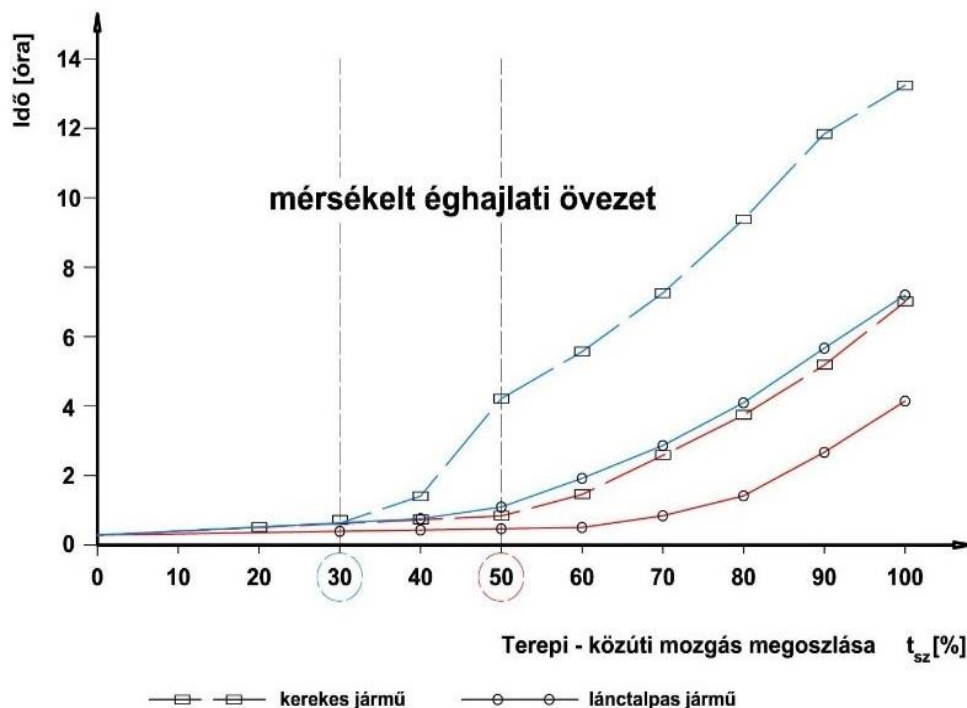
Már a '30-as években próbáltak megoldást találni a harcjárművek nagy hadműveleti mozgékonyágára, amely legjobban az egy feltöltéssel megtehető hatótávolsággal jellemezhető. Elterjedté vált az a törekvés, hogy a nagy távolságú meneteket a harcjárművek kerekeken tegyék meg. Az útról letérve kiegészítő lánctalp felszerelésével igye-

keztek növelni az eszköz mozgékonyágát (BT–5 szovjet könnyű páncélos, V–3 első magyar fejlesztésű kisharckocsi). Ez a megoldás nagy eszköz- és időigénye miatt már feledésbe merült. Napjaink fegyveres konfliktusainak tapasztalata szerint a nagy távolságú és sebességű kötelékmenetek a műveletek 70-90%-át teszik ki. Ezek során a terepi tevékenység kevesebb, mint az általános mozgás fele, hiszen világszerte növekedik az épített közutak mennyiség.

Ez a kerekes harcjárművek előtérbe helyezését eredményezi a hadműveleti mozgékonyág terén, mivel azok zajártalma és gépezeti rázkódása hosszú távon kevésbé viseli meg a kezelőket, gazdaságosabb fogyasztásuk és nagyobb hatótávuk mellett. Előnye az üzemanyagtöltés céljából történő kevesebb megállás és a lánctalpasokéhoz mért nagyobb menetsebesség.

A US Army hadműveleti mozgékonyágot célzó vizsgálatai [7] kimutatták, hogy 10 km-es távolság megtételének ideje a terepi mozgás függvényében hogyan változik (5. ábra).

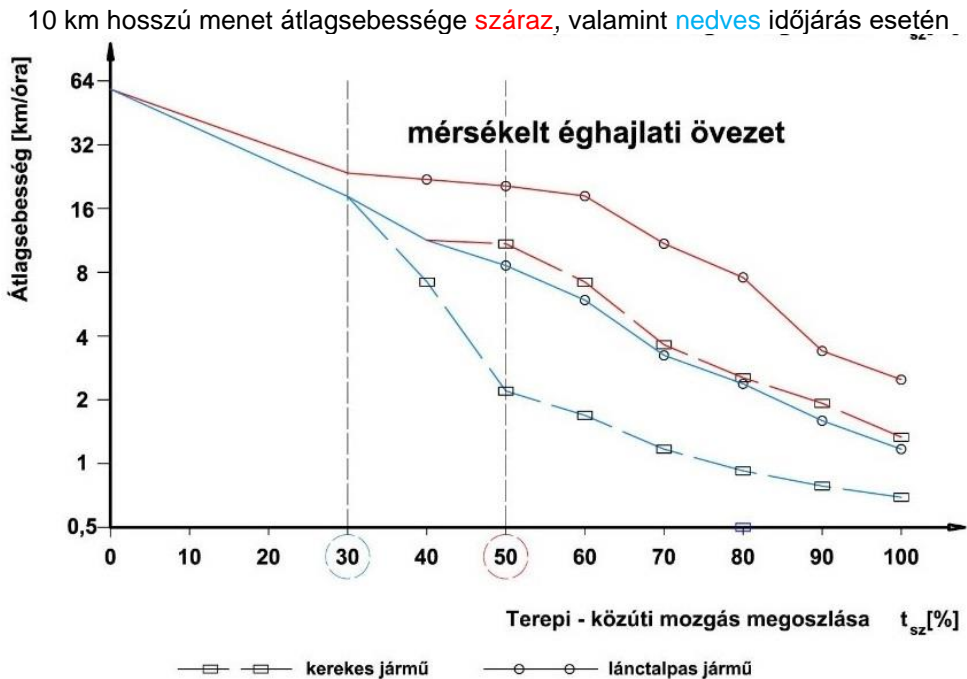
10 km hosszú menet teljesítésének ideje **száraz**, valamint **nedves** időjárás esetén



5. számú ábra. Lánctalpas és kerekes páncélozott harcjárművek menetidejének alakulása a terepszázalék függvényében [7/3–45\_3–52] (a szerző kiegészítésével)

Több éghajlati övön és változó időjárási viszonyok között, különböző talajokon, azonos útvonalakon azonos távolságú menetek idejét mérték meg különféle kerekes, illetve lánctalpas eszközökkel. A vizsgálat magában foglalta a terepi, illetve a közúti sebesség és az árokáthidaló képesség hatásait is a 10 km-es menet során. A diagramokból megállapítható, hogy a különböző típusú futóművel rendelkező harcjárművek menetideje jelentősen eltér egymástól a terepi mozgás mértékének növekedésével, azaz a kiépített úthálózat ritkulásával.

Itt is megmutatkozik a lánctalpas futómű jobb terepjáró tulajdonságának köszönhető előnye a kerekes kialakításhoz képest. Mérsékelt égövi területen száraz idő esetén 50%-os, csapadékos időben 30%-os (!) terepi mozgástól jelentős menetidő-eltérés tapasztalható. Hasonlóan alakul a menetidő eltérése száraz égövi területen, igaz, ott ezek az értékek magasabbak: 60, illetve 70%. A vizsgálat eredménye az átlagsebesség – terepi mozgás függvénykapcsolatával szemléletesebbé válik.



6. számú ábra. Lánctalpas és kerekes páncélozott harcjárművek átlagsebességének alakulása a terepszázalék függvényében [7/3–45\_3–52] (készítette a szerző)

A 6. ábrán a fent említett vizsgálatban résztvevő harcjárművek átlagsebességének alakulása látható a terepi mozgás függvényében az

eltérő éghajlati és időjárési viszonyok között. Az átlagsebesség csökkenése jobban érzékelteti a kétfajta futómű-kialakítás alkalmazási határát és az azok közötti választás fontosságát az eszköznek szánt rendeltetés ismeretében. Hiszen a bemutatott menetidő-, illetve átlagsebesség-eltérésből származó különbségek harci műveletek során jelentősek lehetnek.

A diagramokon jól érzékelhető a kétfajta futómű hadműveleti mozgékonytágot befolyásoló hatása. A méréseken alapuló görbékből egyértelműen kiolvasható a lánctalp terepen tapasztalható fölénye a kerékes szemben. A fentiekből megállapítható a kerékes, illetve lánctalpas harcjárműveknek szánt feladatokhoz tartozó célszerű terepi–közúti mozgásának megoszlása, azaz a kétfajta futóművel szerelt harcjárművek rendeltetése, ami elősegíti az alkalmazásuk határainak meghatározását.

## Hadászati mozgékonytág

A csapatok mozgékonytágának növelése jellemzően vasúton, ritkábban közúton, illetve vízen, még ritkábban levegőben való szállítással történik. Felépítésükből adódóan a kisebb méretű és könnyebb harcjárműveknek nagyobb a hadászati mozgékonytáguk. Hiszen nagy távolságokra történő szállításuk kisebb rakteret és jóval kevesebb üzem-, valamint kenőanyag-fogyasztást igényel. [1] Ennek fontossága leginkább a repülőgépekkel történő szállítás területén mutatkozik. Háborús helyzetben nagy jelentősége lehet annak, hogy a szállító repülőgép például két harcjármű helyett egy fordulóban hármat vihet el. [5/61]

A légideszantok fejlesztésének egyre fontosabb eleme a harcjárművekkel történő ellátásuk, azaz a légi gépesítés a kerékes és lánctalpas kategóriában egyaránt. Így az ejtőernyős alakulatok sikeres harci tevékenységeket hajthatnak végre, akár nagyobb mélységben is. A páncélozott harcjárművek deszantolási lehetőségét nagymértékben befolyásolja a rendelkezésre álló légi szállítókapacitás. A repülőeszközökkel szállítható hasznos teher nagysága a szállítóeszköz terhelhetőségétől és a célba juttatás módjától függ [8/149] Ebből következően értékes információkkal szolgálhat a szállító eszközök hasznos teherbírására vonatkoztatott szállítótérfogatuk, mint a szállító képesség, valamint a harcjárművek tömegére vonatkoztatott térfoglalásuk, mint a szállíthatóság mutatószáma. A megfelelő hadászati mozgékonytág követelményeinek, azaz a légi szállíthatóságnak jellemzően a 30 t alatti össztömegű harcjárművek felelnek meg.

## A mozgékonyság hatása a harci lehetőségekre

A harcjárművek „tömör” felépítése alatt a páncéltesten belül a hajtásláncelemek egymással célszerűen szoros elhelyezése értendő. Kialakításukból adódóan a lánctalpas páncélozott harcjárművek tömörebbek, mint a kerekeselek. Azonos tömeget feltételezve, a kerekeselek harcjárműveknél a kerek egyedi hajtását megvalósító szerkezeti elemek által kitöltött térfogat többszöröse a lánctalpasokénak. Általánosan a kerekeselek páncélozott harcjárműveknél a tömegkorlátozás miatt nem áll rendelkezésre vastag páncélzat. Ezért már kisebb kaliberű fegyverek, gránátok, repeszek és aknák által is könnyebben sebezhetőek. A legtöbb aktív és reaktív védelmet nyújtó eszköz, eszközrendszer kerekeselek vagy lánctalpas járműre is felszerelhető. Mégis a nehezebb védelmi rendszereket 25 tonnát meghaladó össztömegű járművekre tanácsos felszerelni, ugyanis 25 t tömeg felett 1 tonna növekmény már nem játszik különösebb szerepet. [1] Hasonló okból a lánctalpas alvázak kevésbé érzékenyek a nehézfegyverzet hordozására. Mi több, találat esetén a fúvott gumis járómű és a felfüggesztés sérülékenyebb. Bár az öntömítő vagy laposan is gurulni képes kerekeseleknek köszönhetően a kerekeselek harcjárművek mozgásképesek maradhatnak. A több keréssel rendelkező harcjárművek (6 x 6 és 8 x 8) egy vagy két kerék elvesztésére kevésbé érzékenyek. Ugyanakkor, a lánctalpas páncélozott harcjármű azonnal mozgásképtelenné válhat láncszakadást követően.

A páncélozott harcjárművek jellegzetes nyomot hagynak a talajon. Hiába kisebb a lánctalpas eszközök fajlagos talajnyomása, szerkezeti kialakításuk miatt az irányváltások jelentősen roncsolják a felső talajréteget, növényzetet. Igaz, helyben is képesek megfordulni, növelve a túlélést beépített területen, akár összeszűkülő utakon.

A lánctalp-fejlesztéseknek köszönhetően, mint például a gumibetétes görgős lánccsap, a lánctalpas harcjárművek zaja csökkent, de közel sem a kerekeselek harcjárművek szintjére, amelyek így ellenség „zaklatására” alkalmasabbak. [6]

A kerekeselek harcjárművek üzemen tartása gazdaságosabb, mint a lánctalpasoké. A fenntartási és javítási költségeik alacsonyabbak, mivel azok jelentős számú polgári célú járműalkatrészt is tartalmaznak, így kevesebb a különleges pótalkatrész-igényük. Üzemanyag-felhasználásuk hagyományosan gazdaságosabb a kisebb súrlódási veszteségű járművek és a lágyabb felfüggesztésnek köszönhetően ezzel nagyobb ha-

tótávolságot kínálnak. Szem előtt tartandó, hogy a kerekes harcjárműveket nagyobb részben utakon alkalmazzák, míg a lánctalpasokat terepen. Ezért a kerekes páncélozott harcjárművek kiválóan alkalmasak támogató szerepkörben, ahol a megtett távolság nagy, és elsődlegesen épített úton történik a mozgás. [6] A kerekes eszközökre történő kiképzés sokkal egyszerűbb és gyorsabb a hétköznapi járművezetési, műszaki ismereteknek és gyakorlatnak köszönhetően, valamint a 100 km-enkénti javítási költsége csupán töredéke a lánctalpasokénak. [5/125]

Az előzőek alapján, a mozgékony páncélozott harcjárművekre vetített fő tényezőit a 2. táblázatban foglaltam össze, kapcsolatot teremtve a mozgékony hadtudományi, illetve műszaki értelmezése között. A haditevékenységek mozgékonyági szintjeihez, az azokra leginkább hatással lévő fő műszaki jellemzőket rendeltem, rámutatva a mozgékonyág növelését célzó domináns beavatkozási lehetőségeire.

A MOZGÉKONYSÁGOT MEGHATÁROZÓ FŐ TÉNYEZŐK

2. számú táblázat

Páncélozott harcjárművek mozgékonyága			
Mozgékonyág szintjei	Fő jellemzők	A domináns lehetőségek	
Harcászati mozgékonyág	talaj teherbírás	fajlagos talajnyomás	jármű (futófelület) kialakítás fejlesztése
		vonóerő átadás	
	átlagsebesség	mikroakadályleküzdés, lengések	hordmű finomítása
		makroakadályleküzdés, OMN	megfelelő futómű - páncéltest kialakítás
		vízakadály leküzdés	vízi stabilitás és úszási sebesség növelése
hordozott tüzérről célba juttatása		szállított katonák és/vagy a harcjármű által hordozott fegyverzet célban kifejtett hatásának növelése	
Hadműveleti mozgékonyág	hatótávolság	üzemanyag	"Single Fuel Concept" bevezetése
		üzemanyag fogyasztás	gépezeti- és egyéb veszteségek csökkentése
	üzemanyag ellátás		motorhatásfok növelése üzemanyag légi szállítása
Hadászati mozgékonyág	nagy távolságra történő szállíthatóság, közúton, vasúton, vizen és levegőben	a haderő légiszállító képességéhez illeszkedő, gazdaságosan légiszállítható járművek arányának növelése	

(készítette a szerző)

A harcászati mozgékonytságot a terepjáró képesség befolyásolja, amelynek fokozása a terepi átlagsebesség növelésével, azaz a jármű terephez célszerűen alkalmazkodó szerkezeti kialakításával lehetséges.

A hadműveleti mozgékonytságot meghatározó hatótávolságra leginkább a jármű üzemanyag-fogyasztása és az üzemanyag-ellátása van befolyással. Fokozása a vontatási veszteségek csökkentésével, egységes üzemanyag bevezetésével, illetve a hatékony üzemanyag-ellátással történhet.

A hadászati mozgékonytságot tekintetében napjainkra egyre inkább a légi szállíthatóság kerül előtérbe. Fokozásának lehetősége az egy repülőgéppel gazdaságosan elszállítható – az adott rendeltetésnek megfelelő – harcjárművek mennyiségében rejlik.

Összességében a haditevékenységek mozgékonytságot vizsgálva, jelentős fokozásának lehetősége a légi szállíthatóság feltételeinek megteremtésében, illetve annak növelésében rejlik.

Mivel napjaink légi szállítóképessége szűk keretek között mozog, körültekintéssel tanácsos eljárni a légi mozgékony harcjárművek megválasztásakor. Többek között ezért is fontos a kerekes-lánctalpas futómű alkalmazási határainak vizsgálata.

## **A kerekes és lánctalpas páncélozott harcjárművek alkalmazási határai**

A páncélozott harcjárművek alkalmazása rendeltetésüknek megfelelően széleskörű. Így mindkét futómű-kialakítás katonai célú felhasználása indokolt. Ezért a mozgékonytságot katonai vonatkozásainak vizsgálata közben folyamatosan felmerül a kerekes, illetve lánctalpas futómű tulajdonságainak összehasonlítása.

A mozgékonytságot összetevői, és azok többi harci tulajdonságra kiható járuléka mentén mutatja a 3. táblázat az azonos tömegkategóriájú (10–30 t) páncélozott harcjárművek kerekes, illetve lánctalpas futómű-megoldásainak egymással szembeni erőnyerőit. Érzékelhetően a lánctalpas eszközök harcászati mozgékonytsága kedvezőbb a kerekesekéhez képest. Ugyanakkor a hadműveleti, illetve hadászati mozgékonytságot inkább az utóbbinak erőssége. A táblázat előrevetíti a kétféle futómű által célszerűen ellátható feladatokat.

10 ÉS 30 T ÖSSZTÖMEG KÖZÖTTI PÁNCÉLOZOTT HARCJÁRMŰVEK  
ÖSSZEHASONLÍTÁSA [6]

3. számú táblázat

	Előnyök	Lánctalpas jármű	Kerekes jármű
Harcászati mozgékonyosság	Fajlagos talajnyomás	x	
	Vonóerő-átadás	x	
	Elakadási, beásódási hajlam	x	
	Változatos terepen történő mozgás (makro- és mikroakadály-leküzdő képesség)	x	
	Kormányozhatóság, fordulási sugár	x	
	Terepi mozgékonyosság (különböző talajtípusokon)	x	
	Közúti mozgékonyosság		x
	Vízi mozgékonyosság	x	
	Átlagsebesség		x
Hadműveleti mozgékonyosság	Üzemanyag-fogyasztás		x
	Nagy távolságú menetek		x
	Magas utazósebesség		x
	Menet közbeni kényelem		x
Hadászati mozgékonyosság	Szállíthatóság		x
Védettség	Túlélés	x	
	Védelem	x	
	Zaj		x
	Nyom		x
Tűzerő	Fő fegyverzet űrmérete	x	
Járműszerkezet	Jármű felépítéséből adódó hasznos/összes térfogat aránya	x	
	Többlettömeggel történő terhelhetőség (páncélzat, fegyver)	x	
	Futómű sérülésére vonatkozó érzékenység (mozgásképtelenség)		x
Üzemeltetés, fenntartás	Előállítási, karbantartási és üzemeltetési költségek		x
	Élettartam		x

(a szerző készítette)

A kerekes és lánctalpas páncélozott harcjárművek alkalmazását jelentős mértékben befolyásolja a rendeltetés fajtája és a bevetési terep minősége. A páncélozott harcjárművek alkalmazási tapasztalatai bizonyították, hogy a 20 tonnát meghaladó össztömeg mellett a lánctalpas kialakítás kiválóan alkalmas a nagy harcászati mozgékonyaságú, fokozott terepjárási szintet igénylő szerepkörre. Nagyobb túlélőképességet biztosít az olyan vállalkozásokban, ahol a terepjárás meghaladja a menetek 60%-át, és időjárás-független, korlátlan terepi mozdulatok szükségesek. [6]

A KEREKES, ILLETVE LÁNCTALPAS FUTÓMŰVEL ÉPÍTETT PÁNCÉLOZOTT HARCJÁRMŰCSALÁDOK JELLEMZŐ KATONAI ALKALMAZÁSI TERÜLETEI [1]

4. számú táblázat

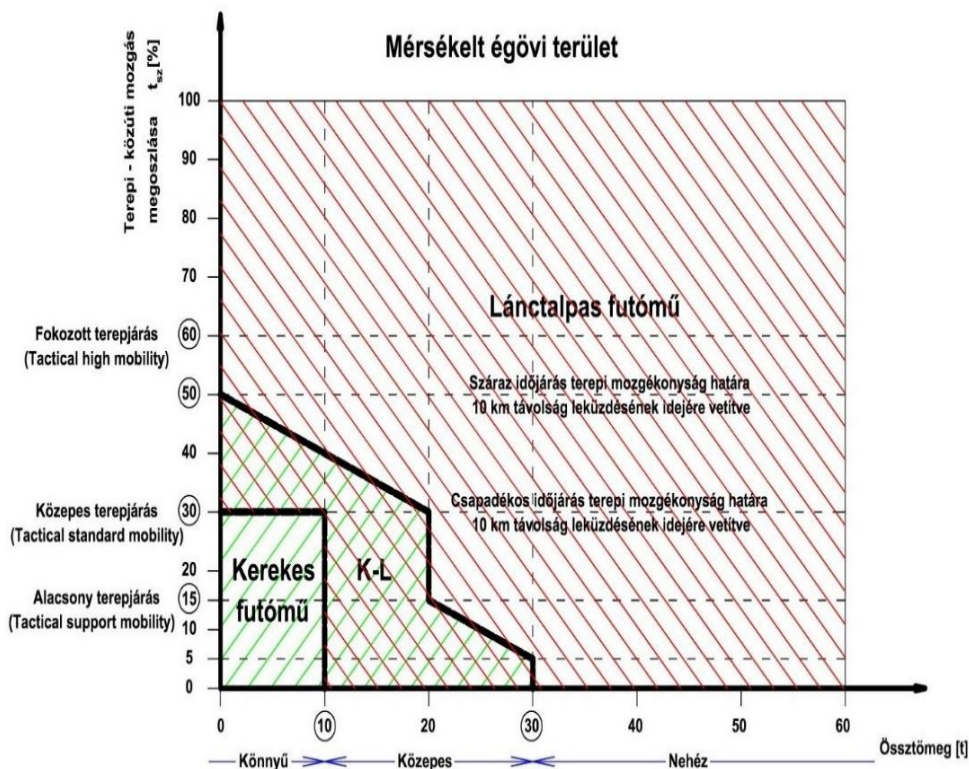
Alkalmazási területek	Páncélozott harcjárművek					
	Könnyű (10 t alatt)		Közepes (10–30 t)		Nehéz (30 t felett)	
	kerekes (4x4 5 t felett, 6x6 10 t felett)	lánctalpas	kerekes (8x8)	lánctalpas	kerekes	lánctalpas
támadó, ellentámadó súlyponti műveletek			T	T		F
katlanba zárt erők felmentése			T	T		F
támogatásnyújtás, humanitárius segélyszállítmányok kísérete háborús vagy erősen fenyegetett területen	F		F			F
békefenntartó műveletek esetén az ellenálló gócok felszámolása				F		F
humanitárius segélyszállítmányok kísérete	F					
védett területek humanitárius védelme	F	F				
védett területek megerősítése		T	T	F		T
baráti erők mozgásának védelme, ellenség feltartása, üldözése		F	T	F		F
felderítés	F		F			
célpont-meghatározás és -megjelölés közvetett tüzelésre	F	F				
másodlagos célok védelme, védekezés irányítása	F	F	F			
területvédelem, érdekenntartás	F	F	F	F		
városi harc		T	T	T		
közvetett tűz támogatása, műveletek követése támadásban és az ellenséges betörés megállítására		T	F	F		

Jelmagyarázat: F – fő tevékenység, T – támogató tevékenység (készítette a szerző)

A felhasználási gyakorlat szerint a kerekes és lánctalpas kialakítású páncélozott harcjármű-fajtákhoz rendelt katonai alkalmazási területeket ismerteti a 4. táblázat. Az egyes eszközfajták alkalmazási területeinél elkülönülnek a fő, illetve a támogató tevékenységek. A fő tevékenység alatt az adott harcjármű kialakításának és harci lehetőségeinek megfelelő feladatok értendők, melyek végrehajtására tervezetten alkalmas.

A támogató tevékenység során az adott eszköz csupán segíteni tudja a fő tevékenységet végző eszközöket a harci feladatai teljesítésében. A táblázatból kiolvasható, hogy a 30 tonna feletti össztömegű „nehéz” katonai harcjárműcsalád tagjai között kerekes járművek nem találhatóak, azt kizárólag lánctalpas alvással rendelkező – jellemzően – nehéz harckocsik alkotják. Feladatuk túlnyomóan változatos terepen történő manőverezéssel a súlyponti támadó műveletek végrehajtása, áttörés, valamint az ellenállási góccok felszámolása. A 10 és 30 tonna össztömeg közötti közepes harcjárműcsaládot alkotó eszközök között jelentős számban megtalálhatók a lánctalpas (25–32 t), illetve a 8 × 8 kerékképletű alvázon (12–28 t), változatos felépítménnyel rendelkező kerekes harcjárművek, mint például nehéztüzérség, önjáró rakétahordozó, páncélozott lövészharcjármű vagy 6 × 6 kerékképletű (9–19 t) páncélozott szállító harcjárművek. Feladatuk a harckocsik műveleteinek támogatása, védett területek megerősítése, megtartása, személy-, illetve anyagszállítás. A 10 tonna össztömeg alatti könnyű páncélozott harcjármű-családot alkotó eszközök jelentős része 4 × 4 (3–12 t), illetve 6 × 6 (9–12 t) kerékképletű kerekes, illetve lánctalpas (~7 t) harcjármű. Feladataik közé tartozik a felderítés (géppuskával vagy gépágyúval, aknavetővel vagy páncéltörő rakétával felszerelve), a gyalogság, valamint anyag szállítása, páncélelhárítás és légvédelem támogatása.

Az előzőek alapján készítettem el a kerekes és lánctalpas futómű alkalmazási határait szemléltető 7. ábrát a mérsékelt égövi területekre vonatkoztatva. A vízszintes (harcjármű „össztömege”) tengelyen a könnyű (0-10 t), a közepes (10-30 t) és a nehéz (30 t feletti) tömegkategóriák a hangsúlyosak. Ezek a tartományok 3., 4. ábráknak és az 1. táblázatnak megfelelően lettek meghatározva, magukba foglalván az eszményi 175 kPa talajteherbírást (VCI), így az egyes futóműtípushoz és -kialakításhoz (kerekek száma) illeszkedő kívánatos fajlagos talajnyomást. A függőleges tengelyen a terepi – közúti mozgás megoszlása szerint az alkalmazási területek határaitra vonatkozó három, rendeltetésről függő jellemző harcászati mozgékonyági igénybevétel, mint terepjárási szint különböztethető meg az 1. és a 4. táblázatban foglaltak összegzett értelmezésével.



7. számú ábra. A páncélozott harcjárművek által használt futóműmegoldások határai az össztömeg és a terepjárás függvényében (készítette a szerző)

Az alacsony terepjárási szint ( $t_{sz}=15\%$ ) esetén a páncélozott harcjárművek a teljes élettartamuknak átlagosan csupán 15%-át töltik terepen, amely során szállítmányok kíséretét, felderítést, célpont-meghatározást, valamint másodlagos célok védelmi feladatait látják el.

A közepes terepjárási szint ( $t_{sz}=30\%$ ) esetén jellemzően az eszközök élettartamuk 30%-át töltik terepen. Ezek a feladatrendszerek a békefenntartás, a közvetett tűztámogatás, a támadó műveletek követése, valamint az ellenséges betörés megállítása lehetnek.

A 60%-os, fokozott terepjárási igénybevétel ( $t_{sz}=60\%$ ) során a páncélozott harcjárművek támadó, ellentámadó súlyponti műveletek, saját, illetve baráti erők felmentése, valamint az ellenség feltartása, üldözése feladatokat végzik.

A kerekessel futómű alkalmazási területét felülről az akadályleküzdés ideje korlátozza az 5. és 6. ábrák alapján. Ez jelentősen eltér a száraz és csapadékos időjárási körülmények és az égövi viszonyok függvényében.

A kizárólag kerekes eszközök alkalmazási területe a 10 t tömegkategória alatti páncélozott harcjárművekre vonatkozik, max. 30%-os terepi – közúti mozgásmegoszlás mellett. A kerekes eszközök tömegének felső határa a 4. ábra ajánlása alapján ~20 t. Azonban ez kitolódik ~30 t-ig rendeltetésüknek megfelelően olyan, az útról csak ritkán letérő ( $t_{sz}=5\%$ ) páncélozott járművek miatt, mint az önjáró tüzérség vagy nehéz szállítójárművek. A 30 t feletti terepjáró járművek célszerűen csakis lánctalpasok lehetnek. A kizárólag lánctalpas eszközök alkalmazási területe az éghajlati viszonyoktól függően 50% terepi mozgás feletti területekről kiindulva, csökkenő tendenciájú az össztömeg emelkedésével, a száraz és a csapadékos időjárás korlátozó tényezőit (5., 6. ábrák) figyelembe véve.

A köztes területen (K+L) a kerekes és lánctalpas eszközök egyaránt alkalmazhatók. Az azonos tömegkategóriában a megfelelő futómű kiválasztása megfontolandó, az eszköznek szánt rendeltetés ismeretében egyéni döntést igényel. Ezt segíti elő a 3. táblázat, amely azonos tömegkategóriájú kerekes, illetve lánctalpas eszközök előnyös tulajdonságait hasonlítja össze. Mérlegelendő, hogy a kétfajta futómű előnyei közül az adott feladat ellátásához melyik fontosabb. Ilyen esetekben a több előnyös tulajdonsággal rendelkező eszköz kiválasztása a tanácsos.

## **Összefoglalás**

*Tanulmányomban a mozgékony katonai értelmezésében, a harcászati-, hadműveleti- és hadászati mozgékonyág vonatkozásai mentén végeztem el a kerekes és lánctalpas futómű összehasonlítását. Eredményeként elkészítettem a kerekes és a lánctalpas páncélozott harcjárművek alkalmazási területeinek határát meghatározó 7. ábrát. A diagram a terepi mozgás–össztömeg–menetidő összefüggéseit vizsgálva kínál egyszerűen értelmezhető, grafikus választ a „mikor kerék? mikor lánctalp?” kérdésre, a rendeltetést, valamint az éghajlati és égővi viszonyokat is figyelembe véve. A diagramok által kijelölt alkalmazási tartományok segítséget nyújtanak a döntéshozóknak a kifizűzött rendeltetésnek megfelelő futóművű páncélozott harcjármű kiválasztásához. Az eredmény felhasználható a jövőbeli harcjárművek „feladatteljesítésre való alkalmasság” fő szempontú beszerzésekor, akár a meglévő harcjárműállomány kifizűzött feladat végrehajtására alkalmas eszközeinek kiválasztására egyaránt.*

## Felhasznált irodalom

- [1] Unterseher, Lutz: Wheels or Tracks? Project on Defense Alternatives, Briefing Memo #16, July 2000 (revised December 2001.) [www.comw.org/pda/0007wheels.html](http://www.comw.org/pda/0007wheels.html) (Letöltés időpontja: 2012. március 05.)
- [2] Dr. Laib Lajos (szerk.): Terepen mozgó járművek, Szaktudás Kiadó Ház Rt., Bp., 2002.
- [3] Balogh Levente: Negyedjármű-modell lengéseinek laboratóriumi vizsgálata, <http://www.auto.bme.hu/sites/default/files/negyedmodelllaborprezentacio.pdf> (Letöltés időpontja: 2015. március 05.)
- [4] Turcsányi Károly – Vartman György: Járművek akadályleküzdő képességének összehasonlítása a VSE módszer alkalmazásával, Haditechnika, XXXVII. évfolyam 3. szám 2003/3., 14–19. o.
- [5] Lőrincz István – Poór István: Lövéspáncélosok, páncélos lövésszek, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1971.
- [6] Hornback, Paul: The Wheel Versus Track Dilemma, ARMOR–March–April 1998, pp. 33–34.
- [7] Wheeled Versus Tracked Vehicles Study, Final Report, Studies and Analysis Activity Headquarters, US Army Training and Doctrine Command Fort Monroe, Virginia 23651–5000, March 1985.
- [8] Turcsányi Károly – Hegedűs Ernő: A légideszant II., Ejtőernyős-, helikopteres- és repülőgépes deszantok a modernkori hadviselésben (1945–2010), Püedlo Kiadó, Bp., 2011.