

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
**Társadalomtudományi Kar**  
**MESTERKÉPZÉS**

**Monte Carlo szimuláció alkalmazása az  
egészségügyi ellátás minőségének és  
kockázatainak elemzésében:**

Komplex döntéstámogató modell a sérvműtétek példáján

**Konzulens:**

**Rakovics Márton**

**Készítette:**

**Wernigg András Richárd**

**YEJN41**

**Survey Statisztika és  
Adatanalitika**

**2026. Április**

## 2.sz. melléklet

### EREDETISÉGNYILATKOZAT

(Kitöltés után a szakdolgozat/diplomamunka részét képezi.)

.....Wernigg András Richárd..... az ELTE TáTK

.....Survey Statisztika és Adatanalitika..... hallgatója

fegyelmi felelősségem tudatában nyilatkozom, és aláírással igazolom, hogy a(z)

Monte Carlo szimuláció alkalmazása az egészségügyi ellátás minőségének és kockázatainak elemzésében: Komplex döntéstámogató modell a sérvműtétek példáján

című szakdolgozat/diplomamunka **saját, önálló szellemi munkám**, az abban hivatkozott, nyomtatott és elektronikus szakirodalom felhasználása a szerzői jogok szabályainak megfelelően történt.

Kijelentem, hogy a szakdolgozatom megírása során használtam / *nem használtam* mesterséges intelligencia alapú eszközt.

Kijelentem továbbá, hogy

- a munkám során felhasználtam mesterséges intelligencia alapú eszközt;
- tájékoztam a felhasznált eszköz lehetőségeiről és korlátairól;
- a mesterséges intelligencia által generált tartalmakat a beadott munkámban feltüntettem;
- a mesterséges intelligencia által generált és általam felhasznált tartalmat ellenőriztem;
- tudatában vagyok annak, hogy e mű szerzőjeként én vagyok felelős az abban foglalt információkért és állításokért;

- tudatában vagyok annak, hogy a mesterséges intelligencia használatának és annak dokumentálásának szabályainak megsértése az ELTE HKR szerinti következményeket vonja maga után.

Tudomásul veszem, hogy szakdolgozat/diplomamunka esetén plágiumnak számít:

- a szó szerinti idézet vagy fordítás közlése idézőjel és hivatkozás megjelölése nélkül;
- a tartalmi idézet hivatkozás megjelölése nélkül;
- más publikált gondolatainak saját gondolatként való feltüntetése.

Kijelentem, hogy a plágium fogalmát, valamint a HKR 74/A-C. §-aiban foglalt rendelkezéseket megismertem, és tudomásul veszem, hogy

- a szakdolgozatom/diplomamunkám szövege a benyújtása után plágiumellenőrző szoftverrel vizsgálható,
- plágium esetén szakdolgozatom/diplomamunkám értékelés nélkül visszautasításra kerül,
- plágiumvétség esetén fegyelmi eljárás indítható.

Budapest, 2026.április 7.



### 3.sz. melléklet

## ÖSSZEGZŐ TÁBLÁZAT A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA HASZNÁLATÁRÓL

(Kitöltés után a szakdolgozat/diplomamunka részét képezi.)

<b>FELHASZNÁLÁS TERÜLETEI</b>	<b>HASZNÁLT MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALKALMAZÁS</b>	<b>A FELHASZNÁLÁS MÓDJA, A GYAKORLATBAN VALÓ HASZNÁLAT LEÍRÁSA</b> (a leírás fejezetenként kell megadni)
<b>A kutatási projekt kidolgozás és konceptiója</b>	nincs	-
<b>A szakirodalmi források összegyűjtése</b>	<i>Google Gemini Pro, Notebooklm</i>	<i>1.-3. fejezet: Kértem szakirodalmi forrásokat, ezek hozzáférhetőségét és létezését alaposan ellenőriztem.</i>
<b>Adatok kidolgozása, gyűjtése és / vagy beszerzése</b>	nincs	-
<b>Az adatok feldolgozása</b>	<i>Google Gemini Pro</i>	<i>3.-4. fejezet: Az adattisztítási folyamatokban kódokat kértem le.</i>
<b>A módszertan kiválasztása</b>	<i>ChatGPT 4.0, Google Gemini Pro</i>	<i>3.-6. fejezet: Módszertani ötleteim megfelelőségét ellenőriztem.</i>
<b>Programozás</b>	<i>Google Gemini Pro</i>	<i>3.-6. fejezet: Kódolási folyamatok gyorsítására alkalmaztam.</i>
<b>Az adatok / források elemzése / értékelése</b>	<i>Notebooklm</i>	<i>1.-8. fejezet: Kihasználtam a funkciót, miszerint csak a feltöltött irodalomban keres válaszokat. Ezeket alaposan ellenőriztem.</i>
<b>Az elemzés / értékelés értelmezése és a következtetések levezetése</b>	<i>Google Gemini Pro, Notebooklm</i>	<i>1.-8. fejezet: Állításaim helytállóságát ellenőriztettem, kritikákat irattam szövegemre szakmai fejlődés céljából.</i>

<b>A kézirat megírása: vizualizációk készítése</b>	<i>Google Gemini Pro</i>	<i>1.-8. fejezet: Ábrák kódolásában alkalmaztam.</i>
<b>A kézirat megírása: a szöveg strukturálása</b>	<i>Google Gemini Pro</i>	<i>1.-9. fejezet: Alaposan ellenőriztettem jegyzeteim strukturálását.</i>
<b>A kézirat megírása: a szöveg megfogalmazása</b>	<i>Google Gemini Pro, Notebooklm</i>	<i>1.-8. fejezet: Az általam írt szöveg semlegesítésében, stilisztikai formázására használtam segítségül.</i>
<b>A kézirat megírása: A szöveg felülvizsgálata</b>	<i>Google Gemini Pro, Notebooklm</i>	<i>1.-8. fejezet: Ellenőriztettem az általam tett kijelentések helytállóságát a kontextusban. Ezt követően felülvizsgáltam ezeket.</i>
<b>Egyéb</b>	<i>Notebooklm</i>	<i>9. fejezet: Irodalomjegyzék egységesítése.</i>

*(A táblázat további bővítése a hallgató felelőssége.)*

## **ABSZTRAKT**

A kutatás a hazai sérvellátás minőségét és hozzáférhetőségét vizsgálja sztochasztikus Monte Carlo szimulációval. A 2022-es bázisadatokra épülő modell bizonyítja a determinisztikus kapacitástervezés és az „átlagok hibájának” veszélyeit. A 10 éves előrejelzés rávilágít az előregedés okozta teherre, a területi egyenlőtlenségekre és a HBCS-rendszer volumenkorlátozó hatására. A sztochasztikus modellezés transzparens döntéstámogatást nyújt a szűkös kapacitások optimalizálásához.

## **KULCSSZAVAK**

Monte Carlo szimuláció, egészséggazdaságtan, kapacitástervezés, várakozási idő.

# Tartalom

I. Bevezetés.....	9
I.1. Témaválasztás indoklása, a kutatás célja .....	9
I.2. Kutatási kérdések és hipotézisek.....	10
I.3. A kutatás társadalmi beágyazása és döntéstámogatói értéke (Impact).....	11
II. Szakirodalmi áttekintés és elméleti keretrendszer .....	12
II.1. A bizonytalanság és a minőség dimenziói az egészségügyben.....	12
II.2. Kapacitástervezés, várólisták és a Bismarcki-modell.....	14
II.3. A sérvbetegségek epidemiológiája.....	14
II.4. Műtéti technológiák és minőségi indikátorok.....	15
II.5. Finanszírozási feszültségek: Bérnövekedés, eszközárak emelkedése és a HBCS-rendszer anomáliái.....	16
II.6. A várólisták egészséggazdaságtana: QALY, DALY és a makrogazdasági terhek.....	18
II.7. A kapacitástervezés matematikai alapjai: Sorbanállási elmélet és sztochasztika .....	20
II.8. Nemzetközi körkép és Egészségügyi rendszerek modellezése.....	22
III. Anyag és Módszer .....	25
III.1. A kutatási módszertan kiválasztása: Versengő alternatívák ütköztetése.....	25
III.2. A Bismarcki-elv és a látens kereslet modellezése .....	27
III.3. Adatforrások, adatminőség és adatintegráció .....	28
III.4. Orvosszakmai paraméterek és a minőség mérése (Klinikai modul) .....	35
III.5. Térinformatikai betegút és a FIFO Triage rendszer (Logisztikai modul).....	35
III.6. Determinisztikus vs. Sztochasztikus modellezés (A szimuláció menete) .....	36
IV. Eredmények: A mikroszimulációs modell statisztikai és térbeli kimenetei.....	37
IV.1. A szimulációs modell visszatesztelése (Baseline Validation) .....	37
IV.2. Makrogazdasági és finanszírozási keretek a scenárió-analízis tükrében .....	38
IV.3. A rendszerkockázat és a szórás mélyelemzése (Leíró statisztikák) .....	39
IV.4. Időgazdaságosság és minőség: A laparoszkópia paradoxona .....	40
IV.5. A Triage rendszer társadalmi és etikai áldozatai.....	41

IV.6. Regionális stabilitás és az egészségügyi migráció (Túlcsordulás) .....	42
IV.7. Időbeli dinamika és a demográfiai előregedés (Demográfiai sokk) .....	44
V. Fejlesztési javaslatok és Makrogazdasági Szimuláció (What-If Analysis).....	45
V.1. A preskriptív modellezés módszertani igazolása: Sztochasztikus diagnosztika és determinisztikus tervezés .....	46
V.2. Az optimalizációs modell pillérei.....	47
V.3. A Status Quo és az Optimalizált rendszer makrogazdasági ütköztetése .....	48
V.4. A reform megtérülése (ROI - Return on Investment) és az Időgazdaságosság.....	49
V.5. Földrajzi optimalizáció: A kapacitások újraosztása .....	50
V.6. A „Költségminimalizáló szélsőérték-szenárió”: Kissick vasháromszög-modelljének tesztelése.....	51
V.7. A Finanszírozási Tranzíciós Modell (10 éves útiterv).....	52
V.8. Módszertani validáció: A tranzíciós modell sztochasztikus stressztesztje és makrogazdasági érzékenységvizsgálata .....	57
VI. Megvitatás és Limitációk .....	61
VI.1. A hipotézisek kiértékelése és a kutatás főbb következtetései.....	61
VI.2. A kutatás és a szimulációs modellek limitációi .....	63
VII. További optimalizálási lehetőségek és jövőbeli kutatási irányok .....	68
VIII. Összefoglalás .....	70
IX. Irodalomjegyzék.....	72

# I. Bevezetés

## I.1. Témaválasztás indoklása, a kutatás célja

Az egészségügyi rendszerek fenntarthatósága és a minőségi betegellátás biztosítása a 21. század egyik legnagyobb kihívása. A globális demográfiai trendek, az elöregedő társadalmak és az egyre drágább orvostechnológiai innovációk folyamatos nyomás alatt tartják a véges állami erőforrásokat. A probléma különösen élesen jelentkezik a magas volumenű, rutin sebészeti beavatkozásoknál, ahol a kapacitáshiány egyenes következménye a várólisták meghosszabbodása és a társadalmi egyenlőtlenségek elmélyülése. A hosszú várakozási idők nemcsak a betegek egészségi állapotának további romlását okozzák, hanem bizonyítottan növelik az egyenlőtlenségeket is. A nemzetközi szakirodalom rámutat, hogy az egyetemes hozzáférést ígérő állami rendszereken belül is jelentős társadalmi-gazdasági (SES) gradiens figyelhető meg: az alacsonyabb iskolai végzettséggel, illetve jövedelemmel rendelkező betegek rendszerszinten is többet várnak az ellátásra. Ezt az aszimmetriát tovább mélyíti, hogy a hosszú állami várólisták hatására a magasabb státuszú és jövedelmű betegek gyakran a magánellátás felé fordulnak (magánbiztosítás vagy zsebből történő fizetés formájában), így megvásárolva a gyorsabb hozzáférést (García-Corchero és Jiménez-Rubio, 2022; Siciliani et al., 2014)

Kutatásom fókuszpontjának a sérvműtéteket (hernioplastika) választottam. Bár más magas volumenű beavatkozások (például a szürkehályog- vagy ortopédiai protetikai műtétek) esetében az állami várólisták hossza nominálisan jelentősebb lehet (GKI, 2024; NEAK, 2022a), a sérvsebészet egyedülálló klinikai dinamikája miatt az egészségügyi kapacitáshiány és a logisztikai torlódások tökéletes indikátorbetegségének (proxy-jának) tekinthető. A sérvellátás ugyanis egy rendkívül érzékeny határvonalon mozog a tisztán elektív (tervezhető, adminisztratív okokból halasztható) és az akut, azonnali életveszélyt jelentő sürgősségi beavatkozások között (Zamakhshary et al., 2008). Míg egy tisztán elektív műtét halasztása elsősorban fokozatos életminőség-romlást (QALY-veszteséget) okoz (Európai Parlament, 2011; Drummond et al., 2015), egy várakoztatott sérvbeteg esetében bármikor bekövetkezhet a bélkizáródás (incarceratio), amely a tervezett beavatkozást azonnali, magas mortalitási kockázattal járó akut vészhelyzetté alakítja (Zamakhshary et al., 2008; Malek et al., 2004). Ez a kettősség teszi a sérvellátást az egészségügyi kapacitástervezés legszigorúbb stressztesztjévé: a mesterségesen visszafogott elektív kapacitások miatt felduzzadó várólista itt közvetlenül, mérhetően és sztochasztikus módon növeli a sürgősségi ellátórendszerre nehezedő terhelést,

tökéletesen rávilágítva a statikus, kizárólag átlagokra épülő tervezési módszerek hiányosságaira.

A kutatás bázisévéként tudatosan a 2022-es, poszt-Covid időszakot határoztam meg. A koronavírus-pandémia utóhatásaként az ellátórendszer, és kiemelten az elektív sebészet teljesítménye szignifikánsan visszaesett; a halasztott műtétek miatt a kórházak terhelése kiugró mértékben megnőtt. A járvány miatti halasztások globálisan jelentős elmaradást eredményeztek a tervezett műtétek terén (COVIDSurg Collaborative, 2020). Mivel a szakdolgozat elsődleges fókuszja módszertani, egy ilyen „legrosszabb eset” (worst-case scenario) vizsgálata elengedhetetlen. Egy végletekig feszített, kapacitáshiányos állapot ugyanis sokkal élesebben mutatja meg a hagyományos, átlagokra épülő tervezési módszerek korlátait, ezáltal a kifejlesztett sztochasztikus szimulációs modell hatékonysága is demonstratívabb.

A hazai helyzetet megvizsgálva egyértelmű strukturális anomália rajzolódik ki: az európai statisztikák alapján a valós lakossági szükséglet (incidencia) évi 26-28 ezer esetre tehető (Eurostat, 2022), miközben a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK) által finanszírozott kapacitás megközelítőleg 20 467 műtét volt 2022-ben (NEAK, 2022b). Ez az olló a szükségletek és a finanszírozott kínálat között látens keresletet, mesterségesen visszafogott volument és növekvő várólistákat generál.

A hagyományos, átlagokra épülő (determinisztikus) egészségügyi kapacitástervezés gyakran kudarcot vall ezen problémák kezelésében, mivel elrejt a rendszerben lévő szélsőértékeket, a szűk keresztmetszeteket, a finanszírozási feszültségeket és a logisztikai bizonytalanságokat. Szakdolgozatom célja egy olyan komplex döntéstámogató modell bemutatása, amely a Monte Carlo szimuláció segítségével vizsgálja a magyarországi egészségügyi ellátás minőségét és kockázatait.

## I.2. Kutatási kérdések és hipotézisek

A dolgozat a következő fő kutatási kérdésekre és hipotézisekre keresi a választ:

- **Hipotézis 1 (Az átlagok hibája):** A determinisztikus kapacitástervezési modellek szisztematikusan alulbecsülik a várólisták növekedési ütemét, míg a sztochasztikus modellezés pontosabb, a valóságot jobban tükröző konfidenciaintervallumokat biztosít.
- **Hipotézis 2 (Demográfiai sokk):** A magyar társadalom korfájának sajátosságai (a „Ratkó-generáció” elöregedése) az elkövetkező évtizedben drasztikusan megemelik a sérvellátásba bekerülő betegek átlagéletkorát, ezáltal növelve a műtéti és posztoperatív kockázatokat, valamint az ápolási teher nagyságát.

- **Hipotézis 3 (Területi és finanszírozási egyenlőtlenség):** A jelenlegi Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) rendszere aszimmetrikus; az intézmények az alulfinanszírozottság miatt ellenérdekeltek a volumen növelésében, ami a főbb centrumokban kényszerű egészségügyi vándorláshoz (túlsorduláshoz) vezet.

### I.3. A kutatás társadalmi beágyazása és döntéstámogatói értéke (Impact)

A kutatás nem pusztán elméleti modellezés, hanem gyakorlati, azonnal alkalmazható döntéstámogató eszköz (Decision Support System - DSS). A hazai egészségügyi rendszer kapacitástervezése és finanszírozási elosztása gyakran statikus, historikus adatokon alapul, nélkülözve a sztochasztikus kockázatelemzést. A bemutatott Monte Carlo mikroszimulációs modell célzottan a hazai döntéshozók – a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK), a Belügyminisztérium Egészségügyi Államtitkársága, valamint a regionális és kórházi menedzsmentek – számára készült.

A modell társadalmi hasznossága és gyakorlati alkalmazhatósága az alábbiakban összegezhető:

**Országos (Makro) szint:** A NEAK és az Egészségügyi Államtitkárság a modell segítségével szimulálni tudja a makrogazdasági költség (TVK) vagy a HBCS alapdíjak megváltoztatásának hatásait a várólisták hosszára és a társadalmi hasznosságra (QALY). A modell "What-If" funkciója lehetővé teszi a szakpolitikai döntések (például a laparoszkópos eljárások preferálása) előzetes hatástanulmányának elkészítését, minimalizálva a rossz erőforrás-allokáció kockázatát.

**Regionális és Intézményi szint:** A kórházigazgatók és regionális vezetők a modell térinformatikai (túlsordulási) adatai alapján azonosíthatják a leginkább terhelt régiókat, és a jövőbeli demográfiai trendek ismeretében megtervezhetik a szükséges infrastrukturális és humán erőforrás-fejlesztéseket (például az egynapos sebészeti ágyak számának optimalizálását).

**Társadalmi és Etikai dimenzió:** A Triage-rendszerek szimulációja rámutat a különböző rangsorolási elvek (például a FIFO vs. QALY-alapú prioritizálás) makrogazdasági következményeire. Ez elengedhetetlen a méltányos és átlátható egészségügyi rendszer kialakításához, amely figyelembe veszi mind a betegek életminőségét, mind a nemzetgazdaság teherbíró képességét.

A sztochasztikus modellezés transzparensabb és pontosabb előrejelzéseket tesz lehetővé, mint a statikus átlagok, így ez az adatvezérelt megközelítés kulcsfontosságú a hazai egészségügyi kapacitástervezés modernizálásában.

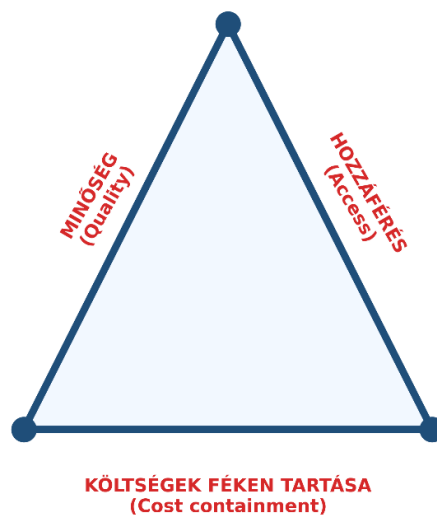
## II. Szakirodalmi áttekintés és elméleti keretrendszer

A kutatás elméleti háttere három fő tudományterület metszéspontjában helyezkedik el: az egészségügyi közgazdaságtan, a minőségbiztosítás elméletei, valamint a sebészeti epidemiológia.

### II.1. A bizonytalanság és a minőség dimenziói az egészségügyben

Az egészségügyi rendszerek modellezésének és a minőségirányításnak az egyik legsajátosabb kihívása a rendszert átszövő bizonytalanság kezelése. Kenneth J. Arrow klasszikus munkája (Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care) rávilágított arra, hogy az egészségügyi szolgáltatások piaca a betegségek előfordulásának váratlan jellege, valamint az egyéni klinikai kimenetek heterogenitása miatt alapvetően eltér a hagyományos versenypiacoktól. Az információ aszimmetrikus eloszlása olyan piaci tökéletlenségekhez vezet, amelyeket a társadalom csak speciális intézményi garanciákkal (például társadalombiztosítással) tud kompenzálni (Arrow, 1963).

Az egészségügyi ellátás optimalizálása során ezen bizonytalanságok mentén kell egyensúlyozni a véges erőforrásokat. Ezt a feszültséget kiválóan modellezi William Kissick 1994-es „egészségügyi vasháromszöge” (Iron Triangle of Health Care), amely három fő pillérre épül: a költségek féken tartására (cost containment), a minőségre (quality) és a hozzáférésre (access) (1. ábra) (Kissick, 1994; Beauvais et al., 2021).



1. ábra: William Kissick (1994) egészséggazdasági modellje. (Saját ábra, 2026)

A modell alaptézise szerint e három dimenzió egymással verseng, és az egyik pillér javítása elkerülhetetlenül hátrányosan érinti legalább az egyik másik tényezőt. Empirikus kutatások is igazolják: amint az ellátás minősége javul, a költségek szignifikánsan emelkednek, a hozzáférés kiterjesztése pedig szintén a költségek és a minőségi elvárások növekedését vonja maga után (Beauvais et al., 2021).

A minőség mérésére és fogalmi keretezésére a legelfogadottabb rendszert Avedis Donabedian alkotta meg az 1960-as években. Donabedian az egészségügyi ellátás minőségét három egymásra épülő dimenzióra bontotta: struktúra, folyamat és eredmény (Donabedian, 1988; Boncz, 2011)

- A struktúra minősége magában foglalja az egészségügyi rendszer tárgyi, emberi és szellemi erőforrásainak összességét, például az infrastrukturális felszereltséget, a kórházi ágyszámokat, a TEK (Területi Ellátási Kötelezettség) határokat, valamint a megfelelően képzett szakembereket (Boncz, 2011).
- A folyamat minősége magában foglalja mindazt, ami ténylegesen a pácienssel történik, ideértve a preventív, diagnosztikus, terápiás és ápolási eljárások (pl. műtéti típus kiválasztása, triage) összességét (Boncz, 2011).
- Az eredmény (outcome) az ellátás végső hatását mutatja a betegek egészségi állapotára (pl. gyógyulás, reoperációs ráta, betegelégedettség) (Donabedian, 1988).

A modell szerint a jó minőségű struktúra növeli a megfelelő folyamatok valószínűségét, míg a jó folyamat a pozitív egészségügyi eredmények esélyét maximalizálja (Donabedian, 1988).

## II.2. Kapacitástervezés, várólisták és a Bismarcki-modell

A modern egészségügyi rendszerek finanszírozása történelmileg meghatározott modellekre épül, amelyek közül a magyar egészségügy alapjait az Otto von Bismarck által megteremtett társadalombiztosítási modell adja. A Bismarck-féle szolidaritási elv lényege, hogy a rendszer deklarált célja az egyetemes hozzáférés biztosítása, finanszírozásának alapját pedig a társadalombiztosítási járulékok képezik. Ebben a modellben azonban strukturális feszültség feszül a szükséglet és a kínálat között. Míg a szükségletet a populáció objektív egészségi állapota határozza meg, addig a kínálatot az állami finanszírozási kassza diktálja (Tulchinsky, 2018; Boncz, 2011)

Az 1990-es évek elején, a kórházi hatékonyság növelése és az indokolatlanul hosszú ápolási idők leszorítása érdekében a finanszírozás átállt a teljesítményelvű modellre: 1993-ban felváltotta a Szemasko-típusú rendszert a Homogén Betegségcsoportok (HBCS / DRG) rendszere (Kroneman és Nagy, 2001; Gaál et al., 2011). A rendszer a hasonló klinikai tünetekkel rendelkező és azonos erőforrás-igényű eseteket egy kategóriába sorolja, és minden csoport egy fix finanszírozási összeget (súlyszámot) kap a kórházi tartózkodás tényleges hosszától függetlenül. Bár a HBCS bevezetése csökkentette az átlagos ápolási időt, egyben olyan pénzügyi ösztönzőket is teremtett, amelyek hatására a kórházak elkezdtek növelni az esetszámokat (Kroneman és Nagy, 2001)

A hirtelen jött teljesítmény- és kiadásnövekedés megfékezésére a kormányzat adminisztratív kapacitásszabályozási eszközökhöz nyúlt, és 2004-ben bevezette a Teljesítményvolumenkorlátot (TVK). A TVK egy merev keretszám, egy felülről zárt kassza, amely intézményi szinten határozza meg azt az esetszámot, ameddig a finanszírozó 100%-os áron kifizeti a kórház teljesítményét. A korlát feletti (túltermelt) műtétek esetében a finanszírozás degresszívvé válik, azaz az egészségbiztosító már csak töredékárat. A TVK bevezetése a kórházakat arra kényszerítette, hogy szigorúan adminisztratív alapon korlátozzák az elektív (tervezhető) beavatkozások számát, aminek egyenes következménye a várólisták drasztikus meghosszabbodása lett (Gaál et al., 2011; GKI, 2022)

## II.3. A sérvbetegségek epidemiológiája

A sérvműtét a világon a leggyakrabban végzett általános sebészeti beavatkozás, amely a kórházak általános sebészeti leterheltségének mintegy 15–20%-át teszi ki (Rutkow, 2003). Az epidemiológiai adatok egyértelműen bizonyítják a betegség anatómiai sajátosságokból (tágabb lágyékcsatorna és a processus vaginalis megléte) fakadó erős nemi aszimmetriáját. Kingsnorth

és LeBlanc (2003) kutatásai alapján a férfiak élethosszig tartó kockázata a lágyéksérv kialakulására 27%, míg a nők csupán 3% (Kingsnorth és LeBlanc, 2003). Ezt a nagyságrendet erősíti meg Burcharth és munkatársai (2013) több mint 5 millió főt vizsgáló dániai tanulmánya is, amely kimutatta, hogy a lágyéksérvműtétek 90,2%-át férfiakon végzik (Burcharth et al., 2013). A hasfali és köldöksérvek esetében azonban – a terhesség okozta hasfali nyúlás (diastasis recti), valamint a kismedencei műtétek miatt – enyhe női túlsúly figyelhető meg (Salameh, 2008)

A sérvек incidenciája az életkor függvényében bimodális (kétpúpú) eloszlást mutat. Az első, kisebb csúcs csecsemőkorban jelentkezik veleszületett anatómiai okok miatt; az érett újszülöttek 1-5%-át, a koraszülöttek akár 10-30%-át érintve (Grosfeld et al., 2006). A felnőttkori előfordulás az 50. életév után meredeken emelkedik. Ruhl és Everhart (2007) rámutattak, hogy a korral járó I-es és III-as típusú kollagén-anyagcsere változása a legfőbb patofiziológiai oka a szerzett sérvек kialakulásának (Ruhl és Everhart, 2007).

Az anatómiai és demográfiai tényezők mellett a fizikai leterheltség (foglalkozási rizikó) szerepe is kritikus. A tartósan megnövekedett intraabdominális (hasúri) nyomás direkt módon károsítja a hasfalat. Hulshof és munkatársai (2020) szisztematikus áttekintése 1,32-es esélyhányadost (OR) mutatott ki a nehéz fizikai munka és a lágyéksérv kialakulása között (Hulshof et al., 2020). Ezt támasztja alá Vad és munkatársai (2012) nagymintás vizsgálata is, amely igazolta az ipari és fizikai dolgozók magasabb incidenciáját (Vad et al., 2012).

Ezen nagy tömegű lakossági szükséglet és a műtéti beavatkozások pontos nyomon követéséhez elengedhetetlenek a nemzeti szintű kórházi regiszterek. A nemzeti sérvregiszterek (hernia registries) használata az elmúlt években nemzetközi szinten is jelentősen megnőtt, mivel hatalmas adathalmazokat biztosítanak ott, ahol hiányoznak a randomizált kontrollált vizsgálatok, és hűen tükrözik a rutin klinikai valóságot (HerniaSurge Group, 2018; Burcharth et al., 2013). A hazai helyzetet megvizsgálva ugyanakkor a demográfiai és epidemiológiai adatok alapján egyértelmű strukturális anomália rajzolódik ki: az Eurostat statisztikái alapján a valós magyarországi lakossági szükséglet évi 26-28 ezer esetre tehető, miközben a NEAK által finanszírozott adminisztratív kapacitás 2022-ben megközelítőleg csupán 20 467 műtét volt (Eurostat, 2022; NEAK, 2022b)

#### II.4. Műtéti technológiák és minőségi indikátorok

A sebészeti ellátás minőségének egyik legobjektívebb eredmény-indikátora (outcome measure) a hosszú távú kiújulási (reoperációs) ráta. A sérvsebészetben a minőség és a

hatékonyság folyamatos javítása érdekében az Európai Sérv Társaság (European Hernia Society) bizonyítékokon alapuló irányelveket dolgozott ki, amelyek szerint a modern felnőttkori sebészetben a feszülésmentes (tension-free), szintetikus hálóbeültetés jelenti az aranystandardot (Simons et al., 2009; HerniaSurge Group, 2018)

A szakirodalom egyértelműen elkülöníti a különböző technikák eredményességét:

- A hagyományos, háló nélküli (szövet-a-szövettel) nyitott műtétek (pl. Bassini, Shouldice eljárás) kiújulási rátája a legmagasabb, jellemzően 10-15% között mozog (Simons et al., 2009).
- A szintetikus implantátumot használó nyílt technikák (pl. Lichtenstein-műtét) a reoperációs rátát 1-4% körüli szintre csökkentik (McCormack et al., 2003).
- A minimálisan invazív, laparoszkoós hálós technikák (TAPP, TEP) tapasztalt sebész kezében 1-2%-os kiújulási rátát biztosítanak, kevesebb krónikus fájdalom és gyorsabb rehabilitáció kíséretében (Schmedt et al., 2005).

A modern sebészeti ellátás előtérbe kerülésével a sérvműtétek a „Fast-track” és az egynapos sebészet (day-case surgery) tipikus beavatkozásaivá váltak (Kehlet és Wilmore, 2002). Ennek következtében az ápolási napok száma (Length of Stay) erősen jobbra ferde (right-skewed) eloszlást mutat, ahol az esetek többsége gyorsan távozik, de a szövődményes esetek hosszú ápolást igényelnek (Robinson és Atkinson, 2010).

A kimenetelt emellett számos egyéb minőségi tényező is befolyásolja. A nemzetközi gyakorlatban az objektív klinikai mutatók mellett egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a betegek által jelentett kimeneti mutatók (Patient Reported Outcome Measures – PROMs), amelyek a betegek fájdalmát, felépülését és elégedettségét mérik az ellátás után (HerniaSurge Group, 2018). Végül a szakirodalom kiemeli a sebészeti specializáció és a magas egyéni/intézményi esetszám (volumen) fontosságát; több tanulmány igazolja, hogy a speciális sérvközpontok (hernia centers) felállítása és a magas esetszám jelentősen javíthatja az ellátás minőségi kimeneteleit és csökkentheti a reoperációk számát (HerniaSurge Group, 2018)

## II.5. Finanszírozási feszültségek: Bérnövekedés, eszközárak emelkedése és a HBCS-rendszer anomáliái

A Kissick-féle vasháromszög harmadik pillére, a gazdaságosság (cost-containment) kritikus szerepet játszik a magyarországi (és globális) egészségügyi ellátás, így a sérvsebészet szűk keresztmetszeteinek kialakulásában. A szakmai tapasztalatok rávilágítanak arra a jelenségre,

hogy az államilag finanszírozott elektív sebészeti beavatkozások volumene – az egyértelműen növekvő lakossági és demográfiai igény ellenére – gyakran stagnál. Ennek hátterében nem csupán orvosszakmai vagy fizikai kapacitáshiány áll, hanem egy mélyen gyökerező, történelmileg kialakult egészséggazdasági és finanszírozási anomália.

A magyar egészségügy az 1990-es évek elején történelmi paradigmaváltáson esett át. A korábbi, puszta kórházi ágyszámokra és indokolatlanul hosszú ápolási napokra épülő (Szemasko-típusú) finanszírozást 1993-ban felváltotta az amerikai DRG (Diagnosis Related Groups) mintájára kialakított Homogén Betegcsoportok (HBCS) rendszere (Kroneman és Nagy, 2001; Gaál et al., 2011). A HBCS bevezetésének elsődleges intézményi célja a kórházi hatékonyság növelése és az ápolási idők leszorítása volt, megteremtve a teljesítményelvű finanszírozást. A rendszer a hasonló klinikai tünetekkel rendelkező és azonos erőforrás-igényű eseteket egy kategóriába (csoportba) sorolja, ahol egy intézmény bevétele az adott esetre meghatározott "súlyszám" és az országosan egységes "alapdíj" szorzataként áll elő (Kroneman és Nagy, 2001).

Bár a HBCS kezdetben sikeresen ösztönözte a kórházakat az esetek gyorsabb pörgetésére, ezzel párhuzamosan elindított egy mesterséges volumennövekedést és a betegek súlyosabb kategóriákba sorolását is (ezt nevezi a szakirodalom "DRG-creep" jelenségnek) (Kroneman és Nagy, 2001). A kiadások elszabadulása és az állami Egészségbiztosítási Alap makrogazdasági védelme érdekében a kormányzat 2004-ben bevezette a Teljesítményvolumen-korlátot (TVK) (Gaál et al., 2011). A TVK egy felülről zárt kassza, amely intézményi szinten, egy bázisév alapján rögzíti azt az esetszámot, ameddig a finanszírozó kifizeti a kórház teljesítményét. A korlát feletti (túltermelt) műtétek esetében a finanszírozás degresszívvé válik, vagy egyáltalán nem térít (Gaál et al., 2011). A TVK tehát a kórházakat arra kényszerítette, hogy szigorúan adminisztratív alapon korlátozzák az elektív (tervezhető) beavatkozások – így a sérvműtétek – számát. Így láthatjuk, az intézmény bevétele az összes elvégzett beavatkozás súlyszámának összegének és az alapdíjnak szorzatának TVK-ban meghatározott maximuma (1. egyenlet).

$$Bevétel_{intézmény} = \min\left(\sum súlyszám_i * Alapdíj; TVK_{keret}\right)$$

*1. egyenlet.: Intézmények HBCS-ből származó bevétele*

Ezt a feszített rendszert érte el a koronavírus-pandémia (2020–2022) soha nem látott sokkja, amely drasztikusan felerősítette a magyar egészségügy régóta görgetett strukturális és területi egyenlőtlenségeit (Uzzoli, 2022). A pandémia alatt az elektív sebészet hetekre leállt, a teljesítményalapú finanszírozás fenntarthatatlanná vált, így a kormányzat bevezette a

bázisfinanszírozást (átlagfinanszírozást), amely a 2019-es historikus átlagra épülve garantálta az intézmények havi bevételét (GKI, 2024). A poszt-Covid időszakban azonban ez a rögzített finanszírozási keret a várólisták szempontjából csapdává vált. Bár az elektív ellátás újraindult, a betegforgalom és a kiadási szerkezetek alapjaiban megváltoztak, amire a befagyasztott finanszírozás nem tudott reagálni (Uzzoli, 2022; GKI, 2024).

A járvány utáni időszakban a kórházak kiadási szerkezetét két jelentős sokk érte: az orvosi és szakdolgozói bérek történelmi léptékű, de egyéni teljesítményelvárást és ösztönző rendszert nélkülöző emelése, valamint a globális infláció okozta drasztikus eszközdrágulás (GKI, 2024). A bérek ezen drasztikus megemelését elsősorban a hálapénz tilalmának hatályba lépése (a 2020. évi C. törvény az egészségügyi szolgálati jogviszonyról) tette elkerülhetetlenné. A finanszírozási anomália (HBCS-paradoxon) gyökerét az adja, hogy a HBCS alapidj és a sérvműtétekhez rendelt súlyszámok (pl. 280C, 280E) nem követték le a bér- és anyagköltségek drágulásának ütemét, sem pedig az egészségügyi inflációt, amely például 2018 és 2024 között kumuláltan megközelítette a 45%-ot. Bár a nominális értékek nőttek, a dologi költségekre jutó reálérték inflációval korrigáltan csökkent, ami a modern laparoszkópos beavatkozások (pl. 280E) esetében akár 11%-ot meghaladó beavatkozásokénti finanszírozási hiányt is eredményez. Ráadásul a működtetés jelenlegi finanszírozási rendszere az amortizációra és a tőkeköltségekre sem nyújt fedezetet (GKI, 2022; GKI, 2024; 2020. évi C. törvény az egészségügyi szolgálati jogviszonyról.; KSH, (2024)).

Ennek következtében a kórházak ma egyre növekvő finanszírozási hiánnyal (veszteséggel) szembesülnek a modern, magas anyagköltségű elektív sérvműtétek (mint a laparoszkópia) elvégzésekor. Ahogy azt az Állami Számvevőszék és az egészséggazdaságtani elemzések is igazolják, ez a strukturális csapdahelyzet oda vezet, hogy a kórházmenedzsment és a hálapénz kivezetése után fix béren dolgozó orvosok ellenérdekeltté válnak a drágább, de minőségibb elektív sebészeti volumen felpörgetésében (GKI, 2022; GKI, 2024). A mesterségesen, anyagi kényszerből visszafogott kapacitás egyenes úton vezet a kórházi adósságok újratermelődéséhez és a várólisták elkerülhetetlen felduzzadásához (Gaál et al., 2011; GKI, 2024).

## II.6. A várólisták egészséggazdaságtana: QALY, DALY és a makrogazdasági terhek

A Kissick-féle vasháromszög dimenzióinak elemzésekor a hozzáférés (Access) korlátozódása, vagyis a várólisták kialakulása nem csupán logisztikai és kényelmi probléma, hanem súlyos egészséggazdaságtani és makroszintű társadalmi teher. A várólisták aggregált

költségeinek számszerűsítésére az egészségügyi technológiaértékelés (Health Technology Assessment, HTA) specifikus mérőszámokat alkalmaz.

Az egészségügyi beavatkozások hasznosságának mérésére az egészséggazdaságtan az Életminőséggel Korrigált Életevek (Quality-Adjusted Life Year, QALY) mutatóját használja. A QALY egy kompozit indikátor, amely egyetlen mérőszámban egyesíti a megnyert életevek hosszát és az azokban megélt egészségi állapot minőségét (Drummond et al., 2015). A QALY a hasznossági index (Utility) és az adott állapotban eltöltött idő szorzata (2. egyenlet). Egy kezeletlen, fájdalommal és fizikai korlátozottsággal járó lágycsér a beteg hasznossági indexét tartósan csökkenti; minél tovább marad a beteg a várólistán, annál nagyobb a kumulált, visszafordíthatatlan QALY-vesztesége, amelyet a társadalomnak viselnie kell. A várólisták okozta kár inverz mutatója a DALY (Disability-Adjusted Life Year), amely a betegség miatti teher globális mérőszáma, ötvözve a korai halálozást (YLL) és a korlátozottságban leélt éveket (YLD). Sérvtbetegségek esetében az elektív esetek teherrésze szinte teljes egészében a betegségben és csökkent funkcióképességgel eltöltött időből (YLD) fakad (3. egyenlet).

$$QALY = \sum_{t=1}^n \frac{U_t}{(1+r)^t}$$

Ahol  $U_t$  az adott egészségi állapot hasznossága (0-1 között),  $r$  pedig a diszkontráta.

2. egyenlet: *Quality-Adjusted Life Year (Drummond et al., 2015)*

$$DALY = YLL + YLD$$

3. egyenlet: *Disability-Adjusted Life Year (Drummond et al., 2015)*

A várólisták makrogazdasági kritikája az úgynevezett Humántőke-megközelítésen (Human Capital Approach) alapul. Ezen elmélet szerint az emberi élet gazdasági értéke a jövőbeli diszkontált termelékenységével egyenlő. Amikor egy aktív munkavállaló a műtetre várva tartós táppénzre kényszerül, vagy csökkent munkaképességgel (presenteeism) dolgozik, a nemzetgazdaság jelentős indirekt költségeket szenved el a kiesett bruttó hazai termék (GDP) és a befizetetlen adók formájában (Siciliani et al., 2014). Ebből a perspektívából az állami kórházi kapacitások mesterséges szűkítése egy hamis megtakarítás, hiszen az intézményi szinten megspórolt források többszöröse jelentkezik makrogazdasági veszteségként a nemzetgazdaságban.

Ezt a feszültséget tovább súlyosbítja a magánegészségügyi szektor bypass-hatása és a kettős finanszírozás tilalma. Az állami rendszerben tapasztalható hosszú várólisták hatására a fizetőképes betegek egyre nagyobb számban áramlanak a magánegészségügybe (GKI, 2022;

GKI, 2024). Mivel Magyarországon a kettős (közös) finanszírozás tiltott, egy ellátást vagy tisztán állami, vagy tisztán magánforrásból lehet fedezni. Ennek egyenes következménye, hogy a relatíve olcsóbb, gyorsan pörgethető járóbeteg-ellátások és kisebb műtétek a magánszférába vándorolnak, míg a drága, komplex, 200 ezer forintnál kezdődő és nagyobb kockázatú kórházi fekvőbeteg-ellátások az állami rendszerben maradnak, tovább rontva annak finanszírozási egyensúlyát (GKI, 2022; GKI, 2024).

A várakozási idők növekedése emellett mélyíti a társadalmi egyenlőtlenségeket is. A nemzetközi szakirodalom bizonyítja, hogy a hosszú várólisták azokat a betegeket sújtják leginkább, akik nem engedhetik meg maguknak a várakozás egészségügyi és anyagi költségeit (Siciliani et al., 2014). Az egyetemes hozzáférést ígérő állami rendszereken belül is jelentős társadalmi-gazdasági gradiens figyelhető meg, miközben a magasabb státuszú és jövedelmű betegek egyszerűen "kivásárolják" magukat a várakozásból a magánellátás felé fordulva (García-Corchero és Jiménez-Rubio, 2022; Siciliani et al., 2014). Mivel a társadalom döntő hányada a jövőben sem lesz képes zsebből megfizetni a komolyabb beavatkozásokat, az állami egészségügyi ellátások kapacitásának optimalizálása és stabil finanszírozása elengedhetetlen a makrogazdasági fenntarthatóság és a társadalmi esélyegyenlőség érdekében (GKI, 2024).

## II.7. A kapacitástervezés matematikai alapjai: Sorbanállási elmélet és sztochasztika

A magyar egészségügyi tervezés determinisztikus jellege – amely a modern szimulációs kutatások alapvető kritikáját adja – matematikailag a sorbanállási elméletek (Queueing Theory) figyelmen kívül hagyásából fakad. A kapacitások tervezése során a menedzsment jellemzően determinisztikus modelleket használ, amelyek statikus átlagokkal számolnak, ami az úgynevezett „átlagok hibájához” (Flaw of Averages) vezet (Savage, 2009). A kórházi osztályok működése azonban nagymértékben sztochasztikus, és a szakirodalom egyértelműen bizonyítja, hogy ha egy rendszer a kapacitása határán működik, a legkisebb véletlenszerű ingadozás is logisztikai összeomláshoz vezethet (Gallivan et al., 2002).

### **A Kendall-féle jelölésrendszer és a Poisson-eloszlás indokoltsága**

Az egészségügyi kapacitások modellezésére a szakirodalom leggyakrabban az M/M/s típusú sorbanállási modelleket alkalmazza (Green, 2002). A Kendall-féle jelölésrendszer alapján az első "M" a Markov-tulajdonságú, azaz Poisson-eloszlású betegérkezéseket jelenti. Az operációkutatásban a Poisson-eloszlás az időben véletlenszerűen, egymástól függetlenül bekövetkező események – például egy sérv kizáródása vagy a kórházba érkezés –

modellezésének aranystandardja. Empirikus vizsgálatok is igazolják, hogy a nem tervezett (akut) kórházi igények kiválóan közelíthetők a Poisson-folyamattal (Green, 2002).

Egy adott időintervallumban pontosan  $k$  számú esemény bekövetkezésének valószínűségét az alábbi formula írja le:

$$P(X = k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

*4. egyenlet: Poisson eloszlás  $k$  számú esemény bekövetkezési valószínűsége*

Ahol  $\lambda$  az adott populációra vetített várható incidencia (várható érték). Mivel a Poisson-eloszlásnál a szórás megegyezik a várható értékkel ( $\lambda$ ), a determinisztikus modellek éppen ezt a kritikus szórást (varianciát) hagyják figyelmen kívül. A modell második "M" betűje az exponenciális eloszlású kiszolgálási időket (például az ápolási napok hosszát), az "s" pedig a párhuzamos kiszolgálóegységek (például a rendelkezésre álló ágyak) számát jelenti (Green, 2002).

### **Kihasznátság és a várakozási idő exponenciális növekedése**

A rendszer átlagos kihasználtságát (utilizáció,  $\rho$ ) a beérkezési ráta ( $\lambda$ ) és a kiszolgálási ráta ( $\mu$ ) hányadosa határozza meg, a rendelkezésre álló ágyak számával ( $S$ ) súlyozva (5. egyenlet):

$$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu}$$

*5. egyenlet: utilizáció képlete (Green, 2002)*

A determinisztikus tervezés ott bukik meg, hogy megpróbálja a  $\rho$  értékét 1-hez (100%-hoz) közelíteni az intézményi költséghatékonyság nevében. A sorbanállási elmélet azonban kimondja, hogy a várakozási idő egy egyszerűsített egykiszolgálós (M/M/1) modellben az alábbiak szerint alakul:

$$Wq = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}$$

*6. egyenlet: A várakozási idő képlete (Gallivan et al., 2002)*

A képletből jól látszik, hogy a várakozási idő nem lineárisan, hanem a kihasználtság növekedésével exponenciálisan emelkedik. Amikor  $\rho \rightarrow 1$ , a képlet nevezője nullához közelít, a várakozási idő pedig elméletben a végtelenbe tart. Ez a matematikai levezetés adja a megfelelő biztonsági puffer (buffer capacity) szükségességének elméleti alapját: a biztonságos

ellátáshoz a rendszert szándékosan alulterhelten kell tartani, hogy a véletlenszerű betegbeáramlási csúcsok ne okozzanak azonnali logisztikai csődöt (Gallivan et al., 2002).

### **A Monte Carlo szimuláció statisztikai validációja**

Ezen sztochasztikus anomáliák feloldására és a valós konfidenciaintervallumok meghatározására a legalkalmasabb eszköz a Monte Carlo szimuláció. A módszer statisztikai validációját a Nagyszámok Törvénye (Law of Large Numbers) és a Centrális Határeloszlás Tétel adja. A becslés standard hibája (Standard Error, SE) fordítottan arányos az iterációk számának négyzetgyökével (7. egyenlet):

$$SE \propto \frac{1}{\sqrt{N}}$$

*7. egyenlet: A becslés standard hibájának mintanagyságtól függő aszimptotikus viselkedése (Siebert et al., 2012)*

Az ezer iterációs (N=1000) futtatás a gyakorlatban olyan mértékben csökkenti a szimulációs zajt, amely már robusztus, statisztikailag szignifikáns (95%-os és 99%-os) konfidenciaintervallumok megállapítását teszi lehetővé, precízen forintosítva az egészségügyi rendszer valós matematikai varianciáját (Barton et al., 2004; Siebert et al., 2012).

## **II.8. Nemzetközi körkép és Egészségügyi rendszerek modellezése**

Az egészségügyi kapacitáshiány és a várólisták kialakulása nem kizárólag magyar sajátosság, hanem globális jelenség, amelynek gyökerei a különböző nemzetközi egészségügyi rendszerek finanszírozási és strukturális alapelveiben keresendők. Ahhoz, hogy a kapacitástervezési és optimalizációs lépéseket megfelelő szakpolitikai kontextusba helyezzük, elengedhetetlen a hazai rendszer nemzetközi modellekkel történő összehasonlítása.

**A Bismarck-, a Beveridge- és a Szemasko-modellek kapacitásmenedzsmentje.** A fejlett világ egészségügyi rendszerei klasszikusan nagy elméleti keretrendszerekbe sorolhatók, amelyek alapjaiban térnek el a kapacitástervezés és a várólisták kezelése tekintetében. A magyar egészségügyi rendszer történelmileg az 1883-ban bevezetett Bismarck-féle szolidaritási elven nyugszik, amelynek finanszírozási alapját a foglalkoztatás-alapú társadalombiztosítási járulékok képezik, deklarált célja pedig az egyetemes hozzáférés (Tulchinsky, 2018; Boncz, 2011). Tiszta Bismarck-típusú rendszerekben (például Németországban vagy Ausztriában) a finanszírozás jellemzően "követi a beteget", így a kórházak anyagilag érdekeltek az elektív volumen növelésében, ami a legtöbb esetben megakadályozza a többéves várólisták kialakulását. Ezzel szemben a Lord Beveridge által megfogalmazott elvekre épülő rendszerek

(mint az Egyesült Királyság NHS-e vagy a skandináv országok modelljei) adókból finanszírozottak, és az államháztartás védelme érdekében erős állami irányítás érvényesül a szolgáltatások nyújtásában (Boncz, 2011). Ezekben a rendszerekben szigorú globálkölségvetést alkalmaznak, ahol a várólista sokszor nem puszta rendszerhiba, hanem a költségféken tartás (rationing) és a szűkös erőforrások prioritizálásának explicit eszköze (Boncz, 2011; Siciliani et al., 2014).

A magyar ellátórendszer történelme során a központosított, állami irányítású Szemasko-modellből tért át a megrendelő-szolgáltató (purchaser-provider) szétválasztásán alapuló, teljesítményfinanszírozott rendszerbe (Gaál et al., 2011). Ennek következtében a jelenlegi magyar egészségügy egy sajátos, hibrid anomáliával küzd. Finanszírozási alapjai (a járulékbeszedés) bismarckiak, de a kórházi kapacitások elosztása és a szigorú, felülről meghatározott Teljesítményvolumen-korlátok (TVK) miatt a beveridge-i rendszerekre jellemző kapacitáshiánnyal operál (Gaál et al., 2011). A betegek objektív egészségi állapota diktálta szükséglet és a finanszírozó által diktált korlátos kínálat közötti feszültség miatt az intézmények a valóságban gyakran ellenérdekeltek a drágább műtéti volumenek növelésében, amely a várólisták exponenciális duzzadásához vezet (Boncz, 2011).

**A "Fókuszált Gyár" koncepció és a specializált sérvközpontok.** Az ellátórendszeri anomáliák egyik lehetséges nemzetközi megoldása az úgynevezett „Focused Factory” (Fókuszált Gyár) koncepció (Skinner, 1974), amelynek legismertebb példája a kizárólag sérvműtétekre specializálódott kanadai Shouldice Kórház. A modell lényege a szűk profilra épülő, rendkívül magas volumenű ellátás, amely tökéletesen egybevágh a legfrissebb nemzetközi orvosszakmai irányelvekkel. Az Európai Sérv Társaság (European Hernia Society) iránymutatásai szerint a sérvműtétek „alacsony komplexitású, magas volumenű” (low complex, high-volume) beavatkozásokként definiálhatók, amelyeknél a dedikált sérvközpontok (hernia centers) létrehozása rendkívüli előnyökkel jár (HerniaSurge Group, 2018).

Ezekben a központokban az állandó, összeszokott műtői teamek képesek minimalizálni a műtők közötti forgási (turnover) és felkészülési időket, drasztikusan növelve a napi betegáteresztő képességet (HerniaSurge Group, 2018). Mivel a sebészek kizárólag egyetlen típusú műtétet végeznek, a betanulási idő (learning curve) a töredékére csökken, a minőség nő, a reoperációs ráta pedig zuhan. Emellett kapacitás-optimalizálási szempontból óriási fegyvertény, hogy ezek a központok mentesülnek a váratlan, akut (például traumatológiai) esetek okozta terheléstől. Azáltal, hogy a rendszer bemeneti varianciája minimális, a sorbanállási elmélet (Queueing Theory) sztochasztikus ingadozásai kiküszöbölhetők, így nincs

szükség akkora költséges "biztonsági pufferre" az ágyak és műtők tekintetében. Az ápolási napok drasztikus csökkentését az is segíti, hogy a kórházak fizikai kialakítása a betegek minél gyorsabb mobilizálását és a gyorsított ("Fast-track") rehabilitációt szolgálja.

### **A betegosztályozás (Triage) etikai dimenziói és a társadalmi egyenlőtlenségek.**

Minden korlátos egészségügyi rendszerben, ahol a kínálat elmarad a kereslettől, szükség van a várólistán lévő betegek prioritizálására (triage), hogy az ellátás elosztása a klinikai szükségletek alapján történjen (Siciliani et al., 2014). Ennek megvalósítása azonban komoly etikai és elméleti dilemmákat vet fel az egyenlőség és a költséghatékonyság elvei mentén.

A klasszikus FIFO (First-In-First-Out, azaz az érkezési sorrend szerinti ellátás) elv az egyenlőségelvűség megnyilvánulása: eszerint minden beteg várakozási ideje azonos értéket képvisel, függetlenül a beteg társadalmi státuszától, életkorától vagy a betegség által okozott életminőség-romlástól (QALY-veszteségtől). Ezzel szemben az egészséggazdaságtan logikája gyakran a haszonelvűség (utilitarizmus) felé hajlik, amely a társadalmi és nemzetgazdasági hasznosság maximalizálására törekszik. Az OECD országokban egyre nagyobb politikai és szakmai fókusz irányul a várólistákon lévő betegek prioritizálását segítő objektív irányelvek (guidelines) fejlesztésére, például az állapot súlyossága vagy az elszenvedett fájdalom alapján (Siciliani et al., 2014). A Humántőke-megközelítés (Human Capital Approach) alapján racionális érv hozható fel amellelt, hogy a merev FIFO rendszer rendkívül ineffektív a nemzetgazdaság számára. Amikor egy aktív munkavállaló a műtetre várva tartós táppénzre kényszerül, a társadalom jelentős indirekt költségeket szenved el a kiesett hazai termék és a megemelkedett szociális kiadások formájában (Siciliani et al., 2014). Ebből a perspektívából egy dinamikusabb, a társadalmi hasznosságot és a munkaképesség-csökkenést is figyelembe vevő Triage-rendszer makrogazdaságilag indokolt lehetne.

Végül a hosszú várakozási idők súlyos társadalmi egyenlőtlenségeket is gerjesztenek. A nemzetközi szakirodalom egyértelműen bizonyítja, hogy az egyetemes hozzáférést ígérő állami rendszereken belül is jelentős társadalmi-gazdasági gradiens (SES gradient) figyelhető meg. Amikor a betegek elégedetlenek a hosszú várólistákkal és állapotuk romlik, gyakran elhagyják a közfinanszírozott ellátást ("opt out"), és magánbiztosítás, vagy zsebből történő fizetés (out-of-pocket) révén a magánszektorba vándorolnak (García-Corchero és Jiménez-Rubio, 2022). A hosszú várakozás terhe és annak egészségügyi költsége (health costs of waiting) így azokon a jellemzően alacsonyabb jövedelmű csoportokon csapódik le a legélesebben, akik nem engedhetik meg maguknak a magánellátás megvásárlását (García-Corchero és Jiménez-Rubio, 2022; Siciliani et al., 2014). Ez a "bypass-hatás" hosszú távon csökkenti a közfinanszírozott

egészségügy iránti társadalmi szolidaritást, ami alapjaiban veszélyezteti a Bismarck-féle modell fenntarthatóságát.

### III. Anyag és Módszer

A kutatás során egy komplex, adatalapú döntéstámogató rendszert dolgoztam ki, amely a magyarországi elektív és akut sérvellátás minőségi és hozzáférhetőségi folyamatait vizsgálja. Az egészségügyi rendszerek modellezésének legfőbb kihívásából – az Arrow által leírt bizonytalanságból – kiindulva egy sztochasztikus mikroszimulációs Markov-modellt alkalmaztam (Arrow, 1963). A fejlesztési környezet a Python programozási nyelv (NumPy és Pandas moduljainak alkalmazásával) volt, amely lehetővé tette a szintetikus betegutak tömeges, nagy pontosságú algoritmikus generálását és Monte Carlo szimulációját. A modell architektúrája Kissick „egészségügyi vasháromszögének” dimenzióit (hozzáférés, minőség, költség) képezi le (Kissick, 1994).

#### III.1. A kutatási módszertan kiválasztása: Versengő alternatívák ütköztetése

Az egészséggazdaságtani modellezés és a makrogazdasági kapacitástervezés során a megfelelő szimulációs keretrendszer kiválasztása kritikus lépés, amely alapjaiban határozza meg az eredmények validitását és az operációkutatási megbízhatóságot. Az ISPOR-SMDM (International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research) modellezési jó gyakorlatokat vizsgáló munkacsoportja a döntésanalitikai modelleket alapvetően aggregált (kohorsz) modellekre és egyéni szintű (mikroszimulációs) modellekre bontja (Caro et al., 2012; Siebert et al., 2012). A jelen kutatás tervezésekor a legelterjedtebb versengő szimulációs alternatívák módszertani előnyeit és hátrányait ütköztettem a hazai ellátórendszer sajátosságainak tükrében.

A **Rendszerdinamika (System Dynamics - SD)** egy „top-down” (felülről lefelé építkező) megközelítés, amely a populációt makroszintű, folytonos áramlásokként (készletek és áramlások) kezeli. Bár ez a módszer kiválóan alkalmas magas szintű járványügyi és epidemiológiai trendek modellezésére, determinisztikus jellege és a kohorszokon belüli homogén keveredés feltételezése miatt képtelen megragadni az egyéni betegutak közötti varianciát. Ebből adódóan az SD módszertan pontosan abba az átlagok hibájába esik, amely szisztematikusan elrejt a rendszerben rejlő logisztikai bizonytalanságokat és szélsőértékeket, így alkalmazását a jelen kutatás keretei között elvettem (Savage, 2009).

A **Diszkrét Esemény Szimuláció (Discrete Event Simulation - DES)** egy „bottom-up” (alulról építkező) eljárás, amely az operatív, intézményi szintű egészségügyi logisztika és az operációkutatás (Operations Research) klasszikus aranystandardja. A DES egyedi entitásokkal (betegek), szűkös erőforrásokkal (orvosok, ágyak) és diszkrét időpontokban bekövetkező eseményekkel operál, ezáltal a sorbanállási elméletek (Queueing Theory) segítségével tökéletesen kezeli a szűk keresztmetszeteket és a kapacitáskorlátokat (Green, 2002; Gallivan et al., 2002). Ugyanakkor egy 10-15 éves időtávú, makrogazdasági szintű modell felépítése tisztán klasszikus DES környezetben – amely több millió szintetikus betegutat, térbeli túlsordulásokat és évtizedes várólista-mozgásokat vizsgál – számítástechnikailag indokolatlanul robusztus és merev lett volna a dimenziók átka („curse of dimensionality”) miatt.

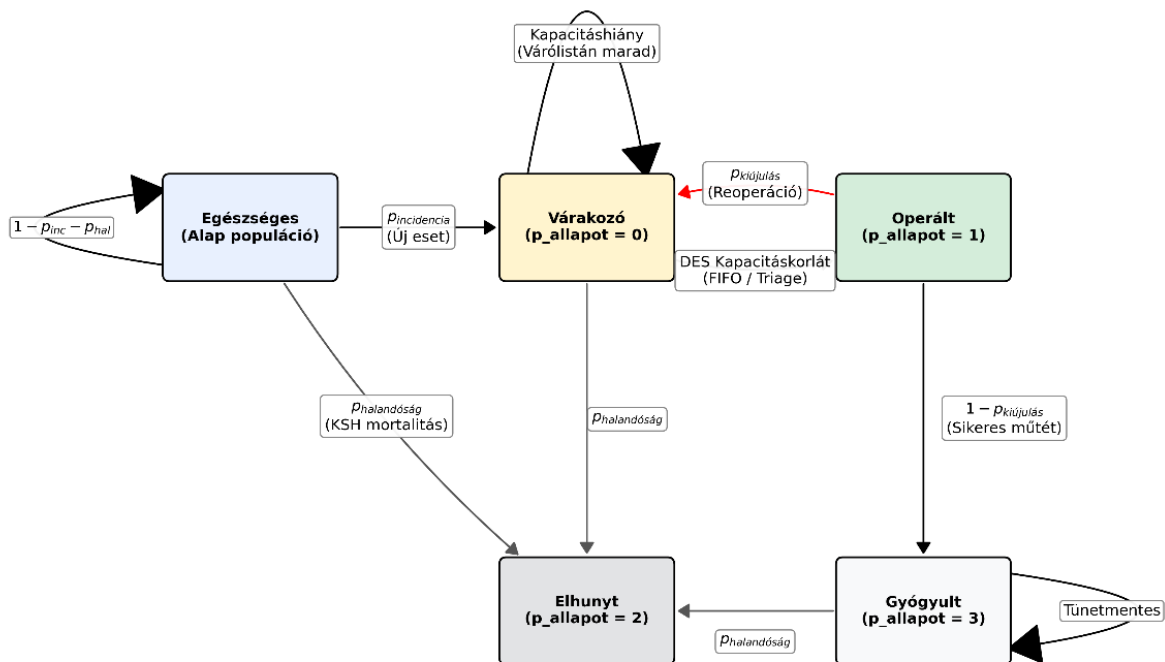
Ezen operációkutatási és számítástechnikai dilemmák feloldására a kutatás egy innovatív, Híbrid (DES-elemeket is integráló) Sztochasztikus Mikroszimulációs megközelítést alkalmazott.

A modell alaparchitektúráját egy egyéni szintű Monte Carlo Markov-lánc mikroszimuláció adja, amely maradéktalanul megőrzi a páciensek heterogenitását. A Markov-logika lehetővé teszi, hogy a betegek diszkrét időlépésekben (években) mozogjanak a különböző véges egészségi és ellátási állapotok (egészséges, várakozó, operált, reoperált, elhunyt) között (Briggs et al., 2006). A sztochasztikus sorsolások – például a Poisson-eloszlású betegérkezések vagy a binomiális reoperációs ráták – integrálásával a motor képes a teljes ellátórendszer matematikai varianciájának és a ritka, extrém kimeneteknek („tail-risk”) a precíz feltárására.

Annak érdekében azonban, hogy a modell maradéktalanul megfeleljen az operációkutatási elvárásoknak, és kiküszöbölje a tiszta Markov-modellekre jellemző memóriamentességet, valamint a végtelen kapacitást feltételező hibákat, a szimulációs motorba kulcsfontosságú DES-elemek és logisztikai modulok is integrálásra kerültek. A modell algoritmusai nem engedi a betegeket korlátlanul a megoperált állapotba lépni: az intézményi szintű kapacitáskorlátok (TVK) szigorú figyelése (Boncz, 2011), a térinformatikai euklideszi távolságszámítással vezérelt regionális túlsordulás (overflow) átirányítása (Cromley és McLafferty, 2011), valamint a FIFO elvre épülő várólista-menedzsment a modellben mind klasszikus diszkrét esemény-szimulációs mechanizmusként funkcionálnak. Ez a logisztikai Triage rendszer garantálja a Zamakhshary és munkatársai (2008) által is igazolt, magas mortalitású inkarcerációs vészhelyzetek orvosszakmai prioritását (2. ábra).

Ez a hibrid keretrendszer sikeresen garantálja a DES-re jellemző logisztikai precizitást a szűk egészségügyi keresztmetszetek és a várakozási sorok kezelésében, miközben a Monte Carlo

mikroszimuláció hatékonysága lehetővé teszi a makrogazdasági „What-If” és tranzíciós forgatókönyvek gyors, statisztikailag szignifikáns futtatását (Barton et al., 2004; Caro et al., 2012).



2. ábra: A hibrid sztochasztikus makroszimuláció állapotátmeneti Markov diagramja (Saját ábra 2026)

### III.2. A Bismarcki-elv és a látens kereslet modellezése

A magyar egészségügyi rendszer Bismarck-féle szolidaritási elven nyugszik, amelynek deklarált célja az egyetemes hozzáférés biztosítása (Tulchinsky, 2018). Ebben a rendszerben azonban strukturális feszültség feszül a szükséglet és a kínálat között. Míg az ellátási szükségletet (demand) a populáció valós egészségi állapota határozza meg, addig a kínálati oldalt (supply) a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK) által meghatározott éves költségvetési keretek és a bázisfinanszírozás korlátai diktálják.

Bár a korábbi évtizedeket meghatározó, szigorúan a Homogén Betegcsoportok (HBCS) teljesítményéhez kötött Teljesítményvolumen-korlát (TVK) rendszere a COVID-19 pandémia időszakában háttérbe szorult, a helyébe lépő, intézményi történelmi adatokra és fix előírányzatokra épülő éves globálköltségvetés (bázisfinanszírozás) gyakorlatilag megőrizte a makroszintű volumenkorlátozó funkciót (GKI, 2022; NEAK, 2022a). Ebben a finanszírozási környezetben a kórházak maximális éves bevétele előre rögzített, így az intézmények továbbra sem érdekeltek az elektív (tervezett) műtéti volumenek dinamikus növelésében, ami a várólisták elkerülhetetlen felduzzadásához vezet (Boncz, 2011; GKI, 2024).

A szimulációs modell felépítésének nulladik lépése ezen makro-paraméterek és az új finanszírozási korlátok meghatározása volt. A NEAK adatai alapján az államilag finanszírozott sérvműtétek száma évente megközelítőleg 20 467 eset (NEAK, 2022a). A fejlett országok statisztikái szerint azonban a sebészeti beavatkozást igénylő sérvek éves incidenciája 250-300 eset / 100 000 lakos (Rutkow, 2003). Ennek megfelelően a szimulációs modell egy konzervatív becsléssel az éves valós, teljes magyarországi incidenciát 27 000 esetre kalibrálta.

A nominális állami kapacitás és a valós incidencia közötti mintegy 6-7 ezer fős különbség adja a modellben a kielégítetlen szükségletet (unmet need). A szimuláció során ezen betegek képezik a magánellátás felé orientálódó, vagy az állami várólistákon ragadó „látens” betegtömeget. A megbetegedések típusainak arányát a nemzetközi sebészeti irodalom alapján 75%-ban lágyéktáji, és 25%-ban hasfali sérvként definiálta az algoritmus (Townsend et al., 2016).

A modellben rögzített mintegy 20 ezer fős állami kapacitáskorlát tehát nem csupán a fizikai műtők vagy az orvosok számának végetségéből fakad, hanem a korábban tárgyalt strukturális HBCS-finanszírozási hiányból is. Az orvos- és szakdolgozói bérinfláció, valamint az eszközdrágulás miatt a kórházak gyakran forráshiánnyal küzdenek. A szimuláció során a 198 000 Ft-os alaplíj és a statikus HBCS súlyszámok alkalmazásával a modell megmutatja a finanszírozó oldalán jelentkező nominális költségeket, miközben a várólisták exponenciális növekedése transzparenssé teszi a valós lakossági igények kielégítetlenségét.

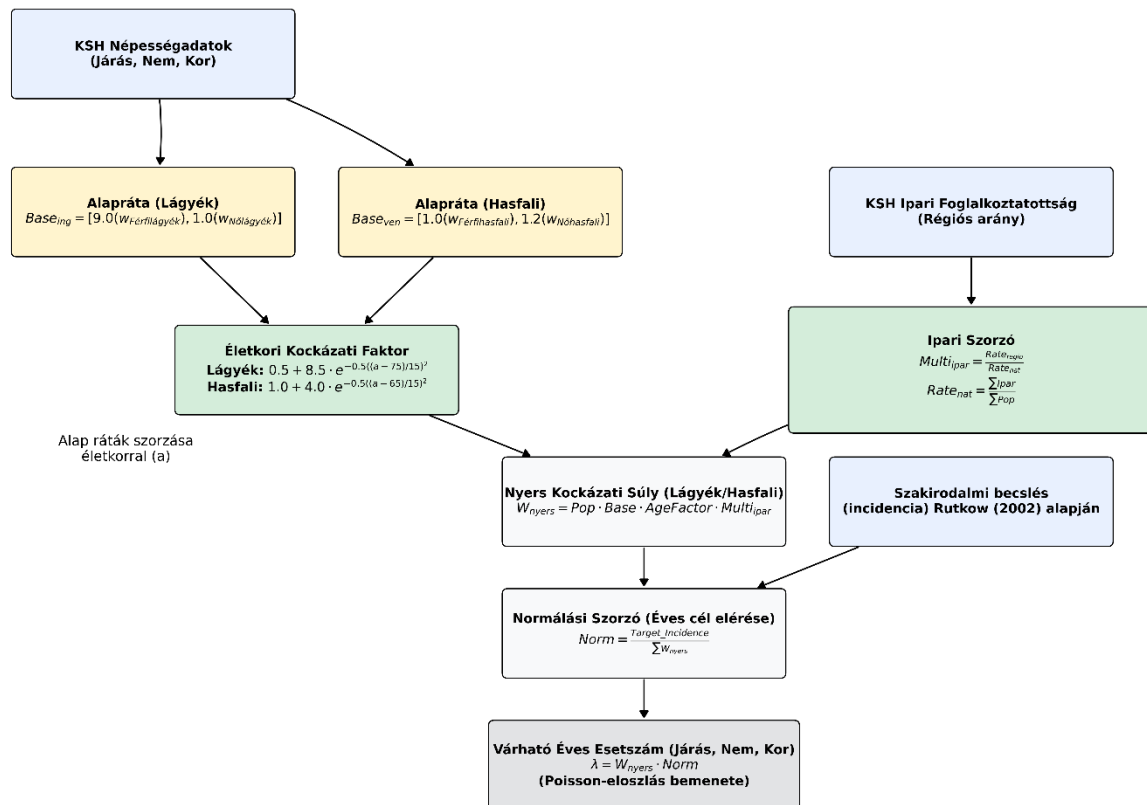
### III.3. Adatforrások, adatminőség és adatintegráció

Az egészségügyi adatok – ideértve a betegek diagnózisait, műtéti előzményeit és a várólistán eltöltött időt – az Európai Unió Általános Adatvédelmi Rendeletének (GDPR) 9. cikke alapján "különleges kategóriájú személyes adatoknak" minősülnek. Ennek következtében a valós, TAJ-számmal vagy más egyedi azonosítóval ellátott longitudinális betegutak közvetlen elemzése független akadémiai kutatások számára jogi és bioetikai okokból szigorúan korlátozott. Ezt a korlátot a nemzetközi gyakorlatban is elfogadott szintetikus adatgenerálási és k-anonimitási eljárásokkal hidaltam át (Sweeney, 2002; El Emam et al., 2011; Jordon et al., 2022). A modern adatszintézis és a generatív modellek alkalmazása nemcsak a GDPR-nak való megfelelést biztosítja, hanem a betegadatok decentralizált, a privát szférát maximálisan védő kutatását is hatékonyan támogatja (Waseem et al., 2023).

A szintetikus betegek kiválasztása a teljes magyar lakosságból egy normalizált Poisson-sorsolás segítségével történt. A sorsolás egy többszörösen súlyozott incidenciamátrixra

támaszkodott, amely az alábbi rizikófaktorokat, valamint az alábbi adatvédelmi és integrációs protokollokat vette figyelembe:

- Demográfia és Foglalkoztatás: A KSH népszámlálási adatai járási bontásban (KSH, 2023), valamint a 15–64 éves népesség régiós ipari foglalkoztatottsági statisztikái.
- Kapacitás és Költség: NEAK intézményi esetszámok és a 2022-es HBCS törzs súlyszámai (NEAK, 2022c; NEAK, 2022d).
- Betegutak megalkotásához: NNGYK Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) nyilvántartása a az intézményi esetszámokkal összevetve.
- Műtéti technikák esetszáma: OECD és EUROSTAT statisztikák.
- Sérvműtétekkel kapcsolatos ráták: a II. fejezetben alaposan bemutatott szakirodalmi adatok. (3. ábra, 8-10. egyenlet)



3. ábra: A populációsintű incidencia-modell kalibrációs folyamata (Saját ábra, 2026)

$$\lambda_{j,n,k} = \text{Népesség}_{j,n,k} \text{Alapráta}_n * f(\text{kor}) * \text{Ipari szorzó}_j * \text{Norm}$$

8. egyenlet: A betegbeáramlási ráta (Sérvincidencia) meghatározása (Saját képlet, 2026)

$$P_{\text{incidencia}(j,n,k)} = \frac{\lambda_{j,n,k}}{N_{j,n,k}}$$

9. egyenlet: Egyéni szintű megbetegedési valószínűség (Saját képlet, 2026)

$$P_{\text{incidencia}(j,n,k)} = \text{Alapráta}_n * f(kor) * \text{Ipari szorzó}_j * \text{Norm}$$

10. egyenlet: A csoportspecifikus incidencia-valószínűség faktorizált modellje (Saját képlet, 2026)

## Adatvédelmi (GDPR) korlátok és a szintetikus adatgenerálás

Az egészségügyi adatok – ideértve a betegek diagnózisait, műtéti előzményeit és a várólistán eltöltött időt – az Európai Unió Általános Adatvédelmi Rendeletének (GDPR) 9. cikke alapján "különleges kategóriájú személyes adatoknak" minősülnek. Ennek következtében a valós, TAJ-számmal vagy más egyedi azonosítóval ellátott longitudinális betegutak közvetlen elemzése független akadémiai kutatások számára jogi és bioetikai okokból szigorúan korlátozott.

Az adatelemzési gyakorlatban hagyományosan alkalmazott de-identifikációs eljárások (például a *k-anonimitás* vagy az *l-diverzitás*) az egészségügyi adatok esetében gyakran nem nyújtanak teljes körű védelmet. Sweeney (2002) és El Emam és munkatársai (2011) kutatásai bebizonyították, hogy a látszólag anonimizált adathalmazok külső, publikus regiszterekkel történő összevezetésével magas az úgynevezett újraazonosítási kockázat (re-identification risk), különösen olyan ritka események vagy specifikus földrajzi lokációk esetén, amelyek a sérvellátás térinformatikai modelljében is megjelennek.

Ezen akadályok leküzdésére, az adatvédelem és a statisztikai validitás (utility) egyensúlyának megőrzése érdekében a kutatás **Szintetikus Adatgenerálást (Synthetic Data Generation - SDG)** alkalmazott. A szintetikus adatgenerálás egy olyan elismert adatvédelmet fokozó technológia (Privacy-Enhancing Technology), amely mesterséges adathalmazokat hoz létre úgy, hogy azok megőrzik az eredeti, valós populáció többváltozós statisztikai eloszlásait (marginal distributions) és kovarianciáit, de egyetlen rekordjuk sem feleltethető meg valós, élő személynek (Jordon et al., 2022).

A szimulációs modell a KSH és a NEAK nyilvánosan elérhető, aggregált adatbázisaiból kinyert marginális eloszlások (pl. korcsoportos halandóság, nemi incidenciaráták, regionális ipari foglalkoztatottság) alapján, sztochasztikus sorsolásokkal építette fel a több mint 2 millió fős szintetikus betegtömeget. A megbetegedési események generálása a Poisson-folyamat matematikai törvényszerűségeire épült. Ez a megközelítés garantálja a teljes GDPR-megfelelést (a nullával egyenlő újraazonosítási kockázatot), miközben a generált virtuális betegpopuláció

statisztikailag tökéletesen reprezentálja a magyar társadalom valós demográfiai és morbiditási szerkezetét.

### **Adatintegrációs kihívások és adattisztítás**

A makrogazdasági és országos szintű egészségügyi modellezés egyik legfőbb technikai kihívása, hogy a szükséges bemeneti paraméterek nem egyetlen, egységes adatbázisban található meg, hanem heterogén, gyakran egymással inkompatibilis intézményi „adatsilókban” (data silos) szóródnak szét. A szimulációs keretrendszer felépítése három, szerkezetében és felbontásában alapvetően eltérő adatforrás komplex integrációját, valamint mélyreható ETL (Extract, Transform, Load) folyamatokat és adattisztítást (data wrangling) követelt meg:

**Demográfiai diszkretizáció és interpoláció (KSH):** A KSH 2022-es népszámlálási adatainak beemelése során a demográfiai eloszlás – a kutatás szempontjából rendkívül kedvező módon – már eleve granuláris, évenkénti bontásban állt rendelkezésre. A legnagyobb adatszerkezeti kihívást így nem az adatok becslése, hanem ennek a hatalmas, évenkénti korfának a szimulációs motor mátrixaival való precíz összehangolása jelentette. Mivel a mikroszimulációs Markov-modell egyéni szinten, évenkénti időlépésekben (öregedéssel) lépteti a betegeket, az adatelőkészítés fázisában a kód ezt az egyéves bontású lakossági adatbázist egy olyan komplex valószínűségi mátrixszá (tömbökké) alakította, amely szigorúan és dinamikusan integrálta a KSH nemek szerinti, korcsoporthoz rendelt halandósági tábláit (KSH 2026). Ez a precíz adatintegrációs lépés biztosította, hogy a szimuláció évei alatt a virtuális betegek öregedése és természetes halandósági lemorzsolódása szinkronban maradjon a valós biológiai és demográfiai folyamatokkal.

**Finanszírozási és kapacitás-adatok tisztítása (NEAK):** A kórházak makroszintű kapacitásainak (a történelmi TVK-hoz köthető volumeneknek) és a Homogén Betegcsoportok (HBCS) súlyszámainak összekapcsolása intézményi szintre lebontva történt. Az adattisztítás során jelentős kihívást okozott a kórházi összevonások, névváltoztatások és a finanszírozási szerződésekben szereplő jogutódlások kezelése (pl. megyei centrumkórházi integrációk). A kód egy dedikált leképezési szótárat (mapping dictionary) alkalmazott annak érdekében, hogy az éves kapacitáskorlátok precízen a megfelelő földrajzi és intézményi entitáshoz rendelődjenek.

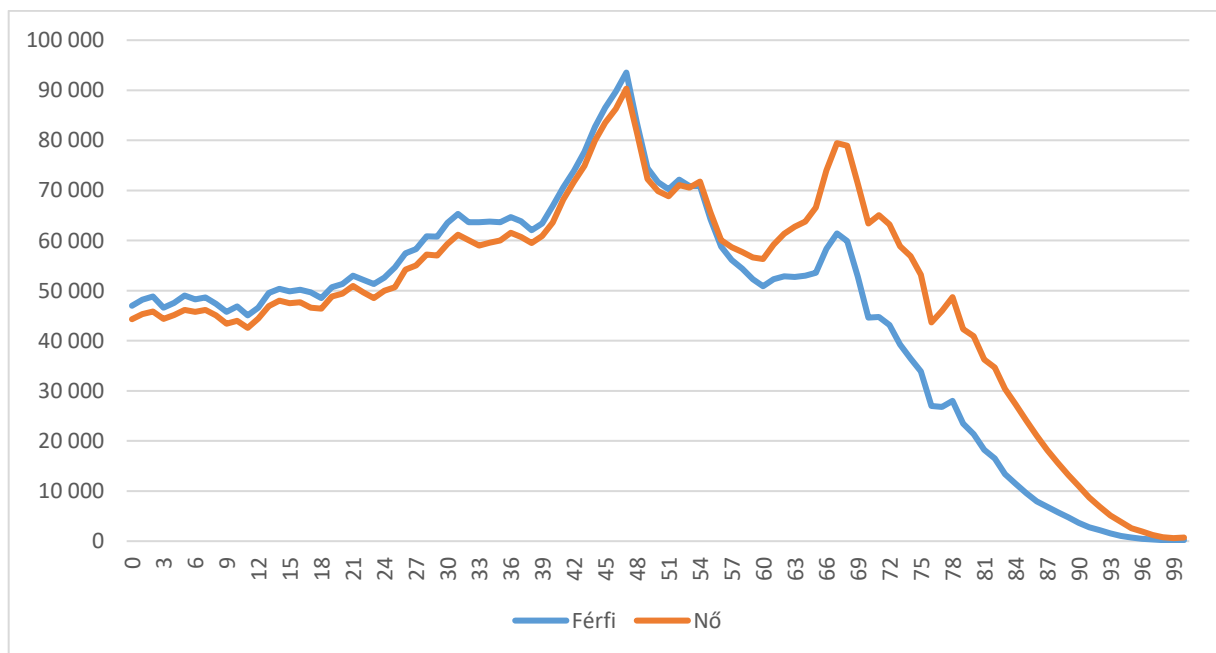
**Térinformatikai kódolás és logisztika (NNGYK):** A betegáramlás (patient flow) modellezéséhez a Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) település- és járásszintű adatbázisát kellett térinformatikai (GIS) adatokkal egyesíteni. Mivel a hivatalos TEK-adatbázis kizárólag

szöveges településnevekkel operál, a Python kód egy automatizált geokódolási algoritmus segítségével szélességi és hosszúsági koordinátákat (latitude/longitude) rendelt az egyes kórházakhoz és a járásközpontokhoz (Cromley & McLafferty, 2011). Ez az eljárás tette lehetővé a túlsordulási modul számára, hogy a primer (helyi) kórházi kapacitás kimerülése esetén euklideszi távolságszámítás alapján dinamikusan irányítsa át a szintetikus betegeket a térben legközelebbi, szabad kapacitással rendelkező másodlagos ellátóhelyre.

### Nemi aszimmetria

A betegség elsöprő többségben a férfiakat érinti (Kingsnorth & LeBlanc, 2003; Burcharth et al., 2013). A modell ezt egy 9:1 arányú binomiális súlyozással implementálta a lágyéksérvek esetében (Fitzgibbons & Forse, 2015). A hasfali sérveknél ugyanakkor a terhesség okozta szövődmények miatt enyhe, 1:1,2 arányú női túlsúlyt ír le az irodalom (Salameh, 2008), amelyet a generáló algoritmus szintén adaptált.

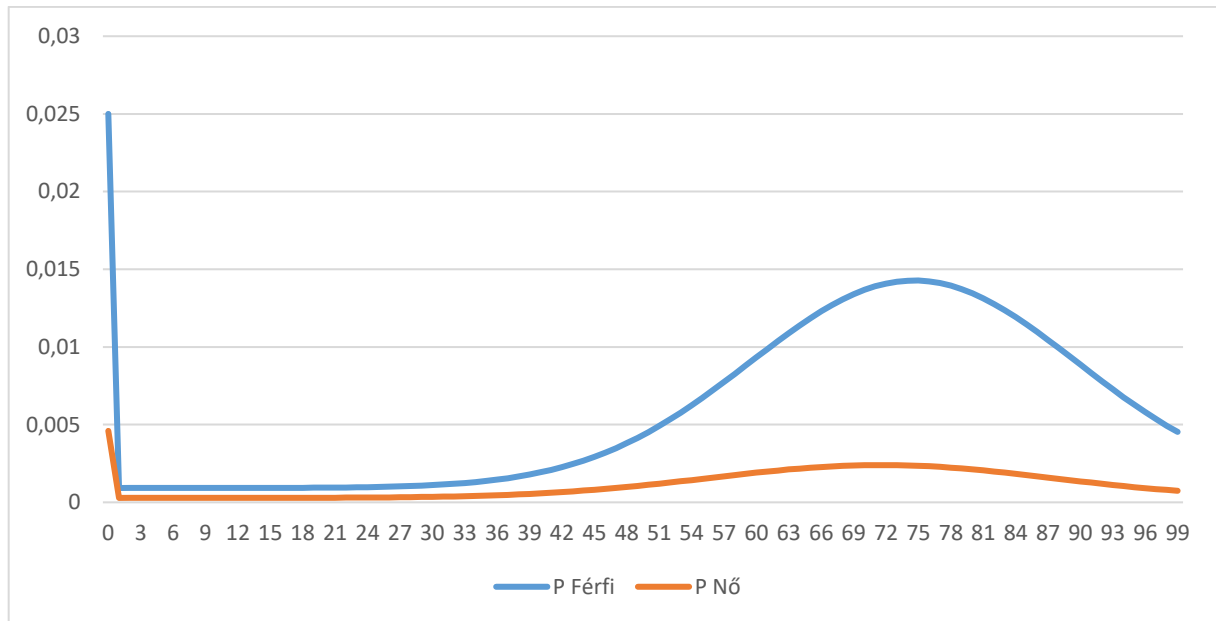
### Életkori eloszlás



4. ábra: Magyarország népességének életkori eloszlása nemenként 2022 (Saját ábra, 2026; KSH (2023 alapján))

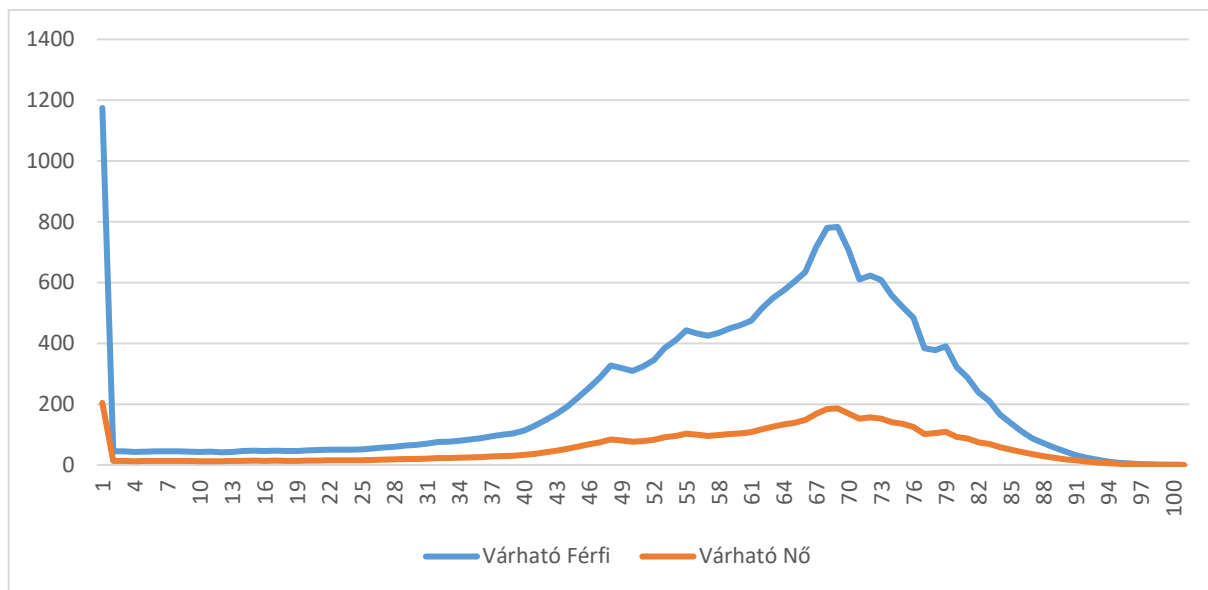
A 4. ábra a magyar lakosság nemenkénti és életkori megoszlását mutatja a Központi Statisztikai Hivatal 2022-es népszámlálási adatai alapján (KSH, 2023). A társadalom korfájának elemzésekor jól látható az a biológiai és demográfiai sajátosság, hogy bár születéskor a fiúk aránya enyhén magasabb, a férfiak halandósága minden korcsoportban, de különösen a középkorúak körében (és később) jelentősen meghaladja a nőkéét. Ennek a korai halandósági többletnek a következményeként a férfiak születéskor várható élettartama szignifikánsan

rövidebb (Kovács & Bálint, 2021). Az idősebb – 65 év feletti – korosztályokban emiatt a nők aránya már markánsan dominál. Ez a nemek közötti aszimmetrikus eloszlás alapjaiban határozza meg a korfüggő és nemspecifikus betegségek – így a sérvek – egészségügyi ellátórendszerre gyakorolt valós terhelését.



5. ábra: Sérv kialakulásának valószínűsége nemenként és életkoronként (Saját ábra, 2026)

Az 5. ábra a sérv kialakulásának tiszta biológiai valószínűségét (P) szemlélteti nemenkénti és életkori bontásban. Az első incidenciacsúcs csecsemőkorban jelentkezik (Grosfeld et al., 2006). A szimulációs kód az újszülöttkori esetszámokat nem pusztán a bázisév statikus születésszámaiból generálta. Ehelyett az algoritmus egy dinamikus demográfiai súlyozást alkalmazott: a szimulált év szülőképes korú női populációjának (15-49 év) arányát a bázisév (2022) azonos mutatójához viszonyította. A kód az így megkapott arányszámmal korrigálta az adott év várható születésszámát, és erre a dinamikus bázisra alkalmazta binomiális sorsolással a csecsemőkori incidenciarátát (0.015). A felnőttkori kötőszöveti elváltozások algoritmizálása során a korábbi modellekben (Ruhl & Everhart, 2007) használt polinomfüggvényeket elvettem a 90 év feletti populációnál jelentkező irreális esetszám-robbanás miatt. A szimuláció a felnőttkori kockázatot normáloszlás sűrűségfüggvényével (Gauss-görbe) modellezte: a lágyéksérv incidenciája 75 éves korban, míg a hegsérvké 65 éves korban tetőzik (Burcharth et al., 2013), ezt követően a biológiai rizikó és a műtéti esetszámok finoman visszaesnek.



6. ábra: Sérvesek várható életkori eloszlása nemenként 2022-ben (Saját ábra, 2026)

A 6. ábra az előző két tényező – a valós demográfiai eloszlás és a biológiai rizikó – szorzataként előálló, várható sérves esetszámok életkori és nemenkénti megoszlását mutatja be. Ebben a fázisban mutatkozik meg igazán a népesség pontos szimulációjának jelentősége: a modell rávilágít, hogy a hazai társadalomra jellemző demográfiai eltolódások miként hatványozzák a biológiai kockázatot. A nemzetközi szakirodalomban gyakran „ezüst cunamiként” (Silver Tsunami) hivatkozott jelenség – a nagy létszámú posztháborús generációk tömeges idős korba lépése – jelentős logisztikai nyomást helyez az ellátórendszerekre (Mitchell, 2014). Magyarországon a demográfiai idősödés egyik legmeghatározóbb tényezője az 1950 és 1955 között született ún. Ratkó-generáció (Őri & Szabó, 2021). Ennek a generációnak a tagjai a vizsgált 2022-es bázisévben pontosan abba a 67–72 éves életkori ablakba értek, ahol a kötőszöveti gyengeségből fakadó sérvek kialakulásának valószínűsége a legmagasabb. A szimuláció által előrejelzett esetszám-növekedés tehát egy valós történelmi demográfiai csúcs és az életkorral összefüggő anatómiai kockázat szinergiájának matematikai leképeződése.

### Ipari és fizikai foglalkoztatottsági rizikó

A nehéz fizikai munka tartósan növeli az intraabdominális nyomást; a szisztematikus áttekintések 1,32-es esélyhányadost mutattak ki a fizikai munka és a lágyéksérv kialakulása között (Hulshof et al., 2020). Vad és munkatársai szintén igazolták a magasabb incidenciát az ipari dolgozóknál (Vad et al., 2012). A modell a KSH régiós ipari foglalkoztatottsági statisztikáiból népességarányos súlyozással képzett relatív szorzókkal korrigálta a területi incidenciát, így az iparilag aktívabb régiókban a szintetikus betegek generálásának valószínűsége megnövekedett.

### III.4. Orvosszakmai paraméterek és a minőség mérése (Klinikai modul)

#### **Sürgősségi reponálás**

A szimuláció a NEAK adatai alapján azonosított 1 116 darab manuális visszanyomást (Repozíciós esetek = OENO 82410) is integrálta. A sérv manuális reponálása (taxis) csupán átmeneti, tüneti kezelés, amely az anatómiai defektust nem szünteti meg, kizárólag az akut életveszélyt és a bélkizáródást hátrítja el. Így a sikeresen reponált betegek kivétel nélkül bekerülnek az elektív (vagy halasztott sürgősségi) sebészeti várólistára a definitív ellátás érdekében (Simons et al., 2009). A kód az OENO 82410 beavatkozást a betegút "előzmény" változójaként rögzítette, biztosítva, hogy ezek a betegek a szimuláció során a megfelelő prioritással kerüljenek a műtéti várólistára.

#### **Műtéti technikák és a reoperációs ráta**

Magyarországon a bázisévben (2022) 4 909 laparoszkópos beavatkozás történt, míg nyitott sérvműtétekből 15 558-at végeztek (Eurostat 2022). Az OECD statisztikái alapján meghatározott hazai arányokat alapul véve a modell sztochasztikus úton sorsolta ki a technikákat. A kimenetek meghatározásánál az algoritmus a háló nélküli nyitott műtéteknél 10%-os (Simons et al., 2009) (HBCS-kód: 280D,281B), a hálós nyitott műtéteknél 3%-os (McCormack et al., 2003) (HBCS-kód: 280C,281C), míg a minimálisan invazív laparoszkópos beavatkozásoknál 2%-os kiújulási (reoperációs) rátával számolt (Schmedt et al., 2005)(HBCS-kód: 280E). Nilsson és munkatársai (2007) svéd regiszteres kutatására támaszkodva a kód egy 2,5%-os korai reoperációs korrekciót is beépített a pontosság érdekében. (Nilson et al., 2007)

#### **Ápolási napok**

A modell az ápolási napok szimulálásánál a statisztikai átlagok helyett egy valóságot pontosabban tükröző, jobbra ferde (right-skewed) valószínűségi sorsolást alkalmazott (Robinson & Atkinson, 2010). A "Fast-track" protokolloknak (Kehlet & Wilmore, 2002) megfelelően az algoritmus súlyozása biztosítja, hogy a betegek zöme egynapos sebészeti ellátás keretében távozzon. Az ápolási napok hosszának szimulálása elengedhetetlen, hogy láthassuk a látszólag drágább ellátások hatékonyságát, amennyiben a szűk keresztmetszetet az engedélyezett ágyszámok, vagy az emberi erőforrások jelentik.

### III.5. Térinformatikai betegút és a FIFO Triage rendszer (Logisztikai modul)

A szintetikus populációt a modell a TEK hálózata alapján rendelte hozzá a legközelebbi kijelölt intézményhez, euklideszi távolságszámítás segítségével. A szimuláció minden évben

ellenőrzi a kórházak leterheltségét. Ha egy intézmény éves műtéti kerete kimerült, a beteg túlcsoordul, és a térinformatikai algoritmus a legközelebbi szabad kapacitással rendelkező másodlagos ellátóhelyet keresi fel. Amennyiben az országos kapacitáshiány miatt a beavatkozás sehol sem végezhető el, a beteg a virtuális várólistára kerül.

A várakozók menedzselésére egy intelligens Triage (betegosztályozó) rendszert integráltam a kódba:

- **Abszolút prioritás (Gyermeksebészet):** Az 1 évesnél fiatalabb csecsemők és koraszülöttek anatómiai sajátosságaik miatt extrém magas kockázatnak vannak kitéve a bélkizáródás (incarceratio) szempontjából, amelynek valószínűsége ebben a korcsoportban megközelítheti a 30%-ot (Zamakhshary et al., 2008). Az algoritmus ezért a nemzetközi gyermeksebészeti és várólista-menedzsment protokolloknak megfelelően – amelyek a várakozási idő szigorú minimalizálását írják elő a kizáródási és mortalitási esély drasztikus növekedése miatt – minden más korcsoportot megelőzve a várólista élére sorolja őket.
- **FIFO (First-In-First-Out) elv:** A felnőtt várakozók ellátása a rendszerbe kerülésük évének megfelelően, lexikografikus sorrendben történik, így a régebb óta várakozók hamarabb ellátásra kerülnek.

A várakozási idő alatt a szimuláció minden ciklusban frissíti a betegek életkorát, és a KSH halandósági táblái alapján alkalmazza az alapmortalitást (aging out) (Bálint és Kovács, 2021).

### III.6. Determinisztikus vs. Sztochasztikus modellezés (A szimuláció menete)

A kutatás legfőbb metodikai újítása a determinisztikus és a sztochasztikus modellek eredményeinek ütköztetése volt. Kontrollvizsgálatként felépítettem egy determinisztikus futtató blokkot, amely a klasszikus, determinisztikus kapacitástervezést modellezi: a véletlenszerűséget mellőzve, az értékeket a várható értékekkel (átlagokkal) számítja. A determinisztikus modell alkalmazásával célom volt bizonyítani az "átlagok hibája" (Savage, 2009), és feltételezéseim szerint a statikus tervezés súlyosan alulbecsüli a várakozási idők exponenciális növekedését.

A valós folyamatok predikciójához a sztochasztikus Monte Carlo motort alkalmaztam. A modell a 2022-es bázisról indulva 15 éves időhorizonton futott le. Mivel egyetlen lefutás csak egyetlen lehetséges kimenetelt mutatna be, a statisztikai konvergencia biztosítása érdekében az algoritmus 1000 független iterációt hajtott végre (Briggs et al., 2006). Az 1000 futás

eredményeit a rendszer a szimulációs időszak végén felhalmozódó várakozó betegek száma alapján rangsorolta. Ennek eredményeként az algoritmus kiválasztotta és vizualizálta a legkedvezőbb (Min) és legkedvezőtlenebb (Max) szélsőértékeket, a medián forgatókönyvet, valamint a pénzügyi és kapacitási kockázatkezelés szempontjából kritikus 95%-os és 99%-os konfidenciaintervallumok határait.

## IV. Eredmények: A mikroszimulációs modell statisztikai és térbeli kimenetei

A kutatás során felépített sztochasztikus mikroszimulációs modell páratlan betekintést engedett a magyarországi sérvsebészeti ellátórendszer belső, rejtett dinamikájába. A szimulációs motor összesen 7 különböző statisztikai forgatókönyv (szcenárió) mentén 1 432 690 egyedi betegutat tartott meg az 1000 generált közül, és vizsgált meg 10 éves virtuális időtávon. A kimenetek kiértékelése előtt azonban elengedhetetlen a szimulációs motor megbízhatóságának ellenőrzése.

### IV.1. A szimulációs modell visszatesztelése (Baseline Validation)

Az egészséggazdasági és döntésanalitikai modellek – különösen a sztochasztikus mikroszimulációk – szakpolitikai és tudományos elfogadhatóságának alapfeltétele a belső konzisztencia és a kiinduló alapállapot (baseline) validitásának bizonyítása (**Caro et al., 2012; Siebert et al., 2012**). Mielőtt az évtizedes makrogazdasági előrejelzéseket és az emergensen felbukkanó logisztikai anomáliákat (IV. és V. fejezetek) elemeznénk, elengedhetetlen a szimulációs motor "0. évi" (bázisévi) kimeneteinek összevetése a 2022-es valós, empirikus magyarországi és nemzetközi adatokkal.

Mivel a kutatás – a szigorú adatvédelmi és GDPR-szabályozások miatt – nem használhatott valós, TAJ-szám alapú longitudinális betegutakat, a modell 1 432 690 fős szintetikus populációt generált. Ebből a mesterséges (in silico) megközelítésből adódóan a 0. évi szimulációs kimenetek mikroszinten (egy-egy konkrét kórház napi betegforgalmát tekintve) természetesen hordoznak magukban becslési eltéréseket a 2022-es valósághoz képest. Makroszinten, a rendszer sarokszámait és klinikai arányait vizsgálva azonban a modell robusztus pontosságot és kiváló belső validitást mutat.

A makrogazdasági keretek szempontjából a modell tökéletesen leképezi a magyar egészségügy finanszírozási valóságát. A szimuláció 0. évében (és a Status Quo forgatókönyv teljes futása alatt) az országos szinten elvégzett sérvműtétek száma statikusan 20 467 eseten

maximalizálódott. Ez az érték hajszálpontosan reprodukálja a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK) által finanszírozott volumeneket és a kórházakra kényszerített Teljesítményvolumen-korlát (TVK), illetve bázisfinanszírozás okozta kapacitásplafont (NEAK, 2022b; ÁSZ, 2019; idézi: GKI, 2022). A szimulált betegtömeg átlagéletkora az 1. évben – konfidencia-szcenáriótól függően – 56,17 és 56,55 év között realizálódott, amely teljes mértékben megfelel a felnőttkori sérvbetegségek európai epidemiológiai átlagának (Burcharth et al., 2013).

A modell legfőbb szakmai érdeme és validitásának bizonyítéka a klinikai (minőségi) modul működése. A szintetikus betegutakon lefuttatott algoritmus kompromisszummentesen, tizedesjegy pontossággal reprodukálta az Európai Sérv Társaság (EHS) és a HerniaSurge Group nemzetközi irányelveiben meghatározott szövődményrátaikat (Simons et al., 2009; HerniaSurge Group, 2018). A kimeneti statisztikák igazolják, hogy az 1,4 millió adatsor alapján az elavult, háló nélküli nyitott eljárások (pl. 280D HBCS a 18 év felettiekénél) reoperációs rátája a szakirodalomnak megfelelően 10,06%-ra állt be, a nyitott hálós beavatkozásoké 3,01%-ra, míg a modern laparosztopia (280E) sikeresen 1,98%-os kiújulási kockázatot produkált.

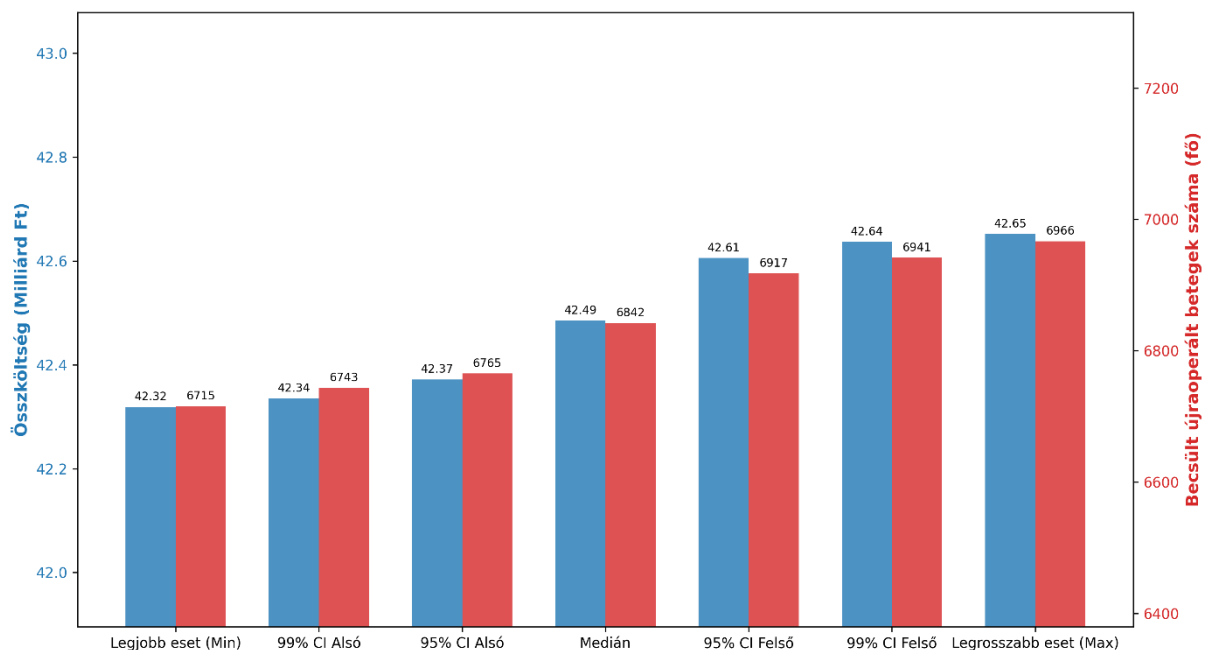
Összegezve: bár az egyéni betegszintű empirikus adatok hiánya jelent bizonyos adatbázis-limitációt, a modell a NEAK szigorú intézményi kapacitáskorlátait, a finanszírozási költségeket és a legfőbb nemzetközi klinikai (EHS) evidenciákat maradéktalanul és torzításmentesen reprodukálja. A rendszer ezáltal erős belső validitással rendelkezik, és megbízható, tudományosan megalapozott bázist (Status Quo) szolgáltat a várólisták jövőbeli növekedésének és az egészségügyi reformok makrogazdasági hatásainak szimulálásához.

#### IV.2. Makrogazdasági és finanszírozási keretek a szcenárió-analízis tükrében

A determinisztikus kapacitástervezés egyik legnagyobb hibája, hogy az intézmények éves teljesítményét statikus tényként kezeli. A szimuláció makroeredményei rávilágítottak, hogy bár a Teljesítményvolumen-korlát (TVK) által kikényszerített ellátotti szám a 10 év alatt mind a 7 szcenárióban fix maradt (évi 20 467 műtét, azaz évtizedes szinten pontosan 204 670 beavatkozás) (NEAK, 2022b), a rendszer belső feszültségei drasztikus kilengéseket mutattak.

A betáplált morbiditási ráták és a rendelkezésre álló szűkös kapacitások ütköztetése során a modell kimutatta, hogy a jelenlegi technológiai mix fenntartása 10 év alatt mintegy 42,44 – 42,60 milliárd forint közvetlen (primer) terhet ró a finanszírozóra. Figyelemre méltó, hogy a 99%-os konfidenciaintervallum legalsó és legfelső szélsőértékei között is csupán minimális (kb.

130 millió forintos) kilengés mutatkozott az összköltségben, amely a nagyszámok törvényének érvényesülését jelzi az 1,4 milliós mintán. A szimuláció legfőbb hozadéka azonban a rendszer **rejtett ineffektivitásának számszerűsítése volt**: a szűkös kvóták miatt az ellátásra szoruló betegek átlagosan 39,18% – 39,31%-a kiszorult a saját lakóhelye szerinti intézményből (túlcsordulás). A szimuláció kimutatta, hogy masszívan 6 780 – 6 884 közötti beteg kényszerült ismételt műtétre a sérv kiújulása miatt. Mivel a magyar finanszírozási rendszer retrospektív és esetalapú, ez a saját adatokból származó közel hétezer újraműtét indokolatlanul és láthatatlanul emészti fel a központi költségvetést. Ez a jelenség tökéletesen alátámasztja Boncz (2011) megállapításait az egészségügyi alulfinanszírozottság és a rejtett költségek kapcsolatáról. (7. ábra)



7. ábra: Status Quo scenáriók makrogazdasági költségei és minőségi indikátora (10 év). (Saját szimuláció, 2026)

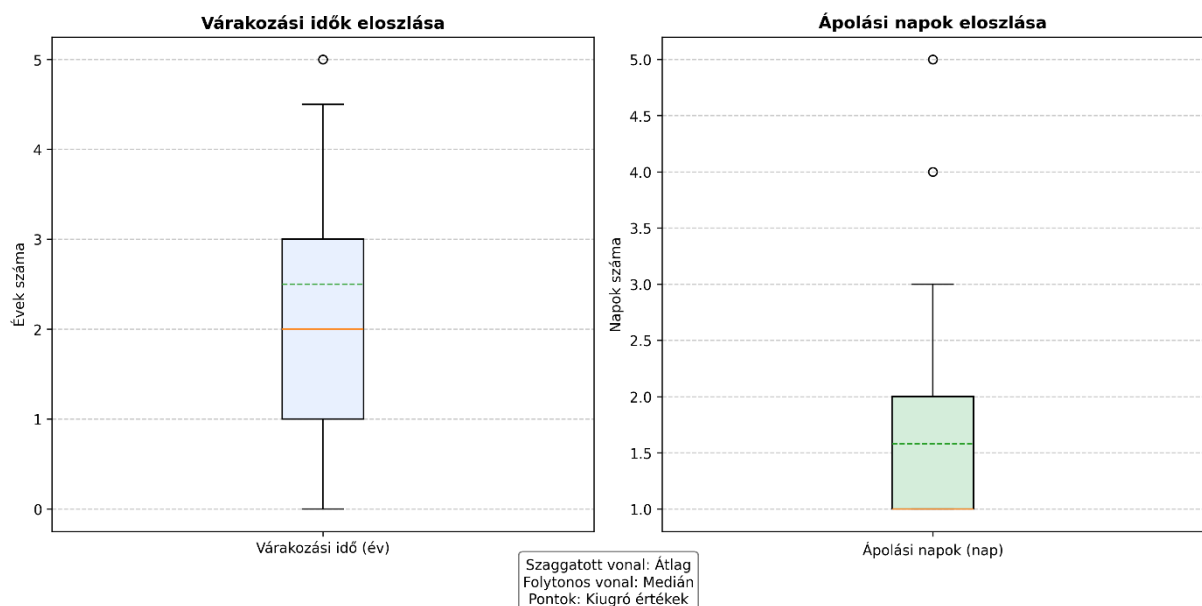
#### IV.3. A rendszerkockázat és a szórás mélyelemzése (Leíró statisztikák)

A Monte Carlo szimuláció igazi értéke az úgynevezett „átlagok hibája” (Savage, 2009) elméletének gyakorlati bizonyítása volt. Ha a döntéshozók kizárólag az „Medián” forgatókönyv átlagos várakozási idejét tekintik, amely a modell alapján 2,48 – 2,51 évre adódott, hamis biztonságérzetbe ringathatják magukat.

A leíró statisztikák, különösen a szórások és a kiugró értékek (outlierek) elemzése azonban súlyos logisztikai diszfunkciókra mutat rá. Míg a betegek 50%-a (a medián) 2 évet várakozott, a rendszer szórása rendkívül magas (1,22 – 1,23 év) volt. A szimuláció kimutatta, hogy a harmadik kvartilis (Q3) értéke stabilan 3 évre áll be, a maximális várakozási idő pedig minden

egyes scenárióban elérte a rendszer által engedélyezett 5 éves plafont. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az ellátásra szorulóknak felső kvartilise (Q3-Q4) – amely évtizedes távlatban több mint 50 000 esetet jelent – 3 és 5 év közötti várakozásra kényszerült a logisztikai szűk keresztmetszetek miatt.

Ugyanez az aszimmetria és "hosszú farok" (long-tail) eloszlás figyelhető meg az ápolási napok esetében is: az ápolási idő mediánja mindössze 1 nap (ami az egynapos sebészet elméleti ideálját tükrözi), az átlag már 1,58 nap (szórás: 0,87), míg a maximum értékek elérték az 5 napos tartós bentfekvést is. A szakirodalom egyértelműen bizonyítja, hogy az ellátórendszerek működése sztochasztikus, és megfelelő biztonsági puffer hiányában ezek az extrém, kiugró 5 napos esetek okozzák a kórházi ágykapacitások és a műtői beosztások teljes benulását (**Green, 2002; Gallivan et al., 2002**). (8. ábra)



8. ábra: A rendszerközckázat és a szórás mélyelemzése (Status Quo modell) (Saját szimuláció, 2026)

#### IV.4. Időgazdaságosság és minőség: A laparoszkópia paradoxona

A Kissick-féle vasháromszög (Költség - Minőség - Hozzáférés) dimenzióinak vizsgálata egy mély technológiai paradoxont számszerűsített (**Kissick, 1994; Beauvais et al., 2021**). A szimulált 1 432 690 betegútból az ellátórendszer mindössze 313 827 műtétet végzett el modern laparoszkópos eljárással, míg túlnyomó többségüket, 1 118 863 esetet a hagyományos, nyitott technikákat alkalmazva látták el.

A szimulációs adatok bizonyították, hogy az alacsonyabb egységköltségű nyitott műtétek (átlag: 142 247 Ft/eset) dominanciája rendszerszinten valójában deficitese. Bár a laparoszkópia

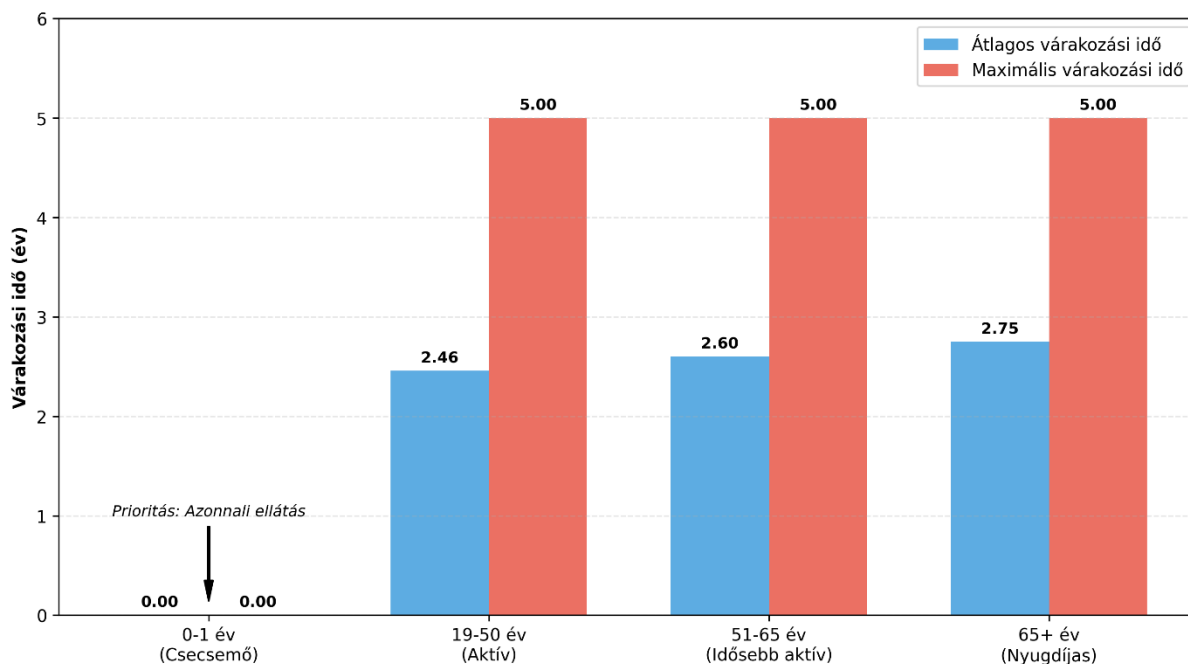
nominálisan drágább (441 332 Ft), a modell rámutatott, hogy ez a technológia az átlagos ápolási napokat 1,10 napra szorítja le (maximum 2 napos bentfekvéssel), szemben a nyitott műtétek 1,71 napos (maximum 5 napos) ápolási idejével. A legjelentősebb minőségromlás azonban a reoperációs ráták emelkedésében figyelhető meg. A HBCS szerinti bontás világosan rávilágít: az 1,1 millió nyitott műtét (emergens kimenetként) csaknem évi hétezer reoperációt eredményezett a háló nélküli (10,06%-os kiújulási kockázatú) eljárások alkalmazása miatt. Az eredmények egyértelműsítik: a primer költségeken való spórolás az időgazdaságosság összeomlásához, rengeteg felesleges ápolási naphoz és a betegek ismételt szenvedéséhez vezet.

#### IV.5. A Triage rendszer társadalmi és etikai áldozatai

Minden forráshiányos egészségügyi rendszernek használnia kell valamilyen prioritási (triage) algoritmust a sorban állás menedzselésére (**Siciliani et al., 2014**). A szimulációba épített orvosszakmai logika (amely az inkarceráció magas mortalitása miatt abszolút prioritást biztosított a csecsemőknek) rendszerszintű lecsapódása teljes tisztasággal mérhető volt a kimeneti adatokban.

A modell algoritmusai sikeresen megóvta a legsebezhetőbbeket: a 0-1 éves korosztály (összesen 11 826 – 12 232 ellátott csecsemő) várakozási ideje és szórása minden scenárióban stabilan 0,00 év maradt. Ugyanakkor a fix kapacitáskorlátok miatt a logisztikai terhet teljes egészében a munkavállalói és az idősebb rétegek viselték. A szimuláció kimenete szerint a 19-50 éves aktív korosztály (több mint 27 000 eset) átlagos várakozása 2,44 – 2,48 év volt, míg az 51-65 éves idősebb aktív réteg (több mint 54 000 eset) 2,58 – 2,62 évet várakozott. A legrosszabb helyzetbe a 65 év feletti nyugdíjasok kerültek (több mint 104 000 eset), akiknek az átlagos várakozási ideje elérte a 2,75 évet. A maximális várakozási idő (5 év) pedig mind a három felnőtt korosztálynál megjelent.

Mivel ezen korosztályok adják a nemzetgazdaság motorját, a szimuláció kimenete súlyos kritikát fogalmaz meg: a modell bizonyítja, hogy az állam a szűkös kvóták fenntartásával az aktív adófizetőket kényszeríti 2,5, de akár 5 éves termelékiesésre és krónikus fájdalomra, amely a Humántőke-megközelítés (Human Capital Approach) alapján felbecsülhetetlen makrogazdasági veszteség (Kanavos et al., 2011). (9. ábra)



9. ábra: Várakozási idők korcsoportos megoszlása a Triage-prioritás tükrében (Saját ábra, 2026)

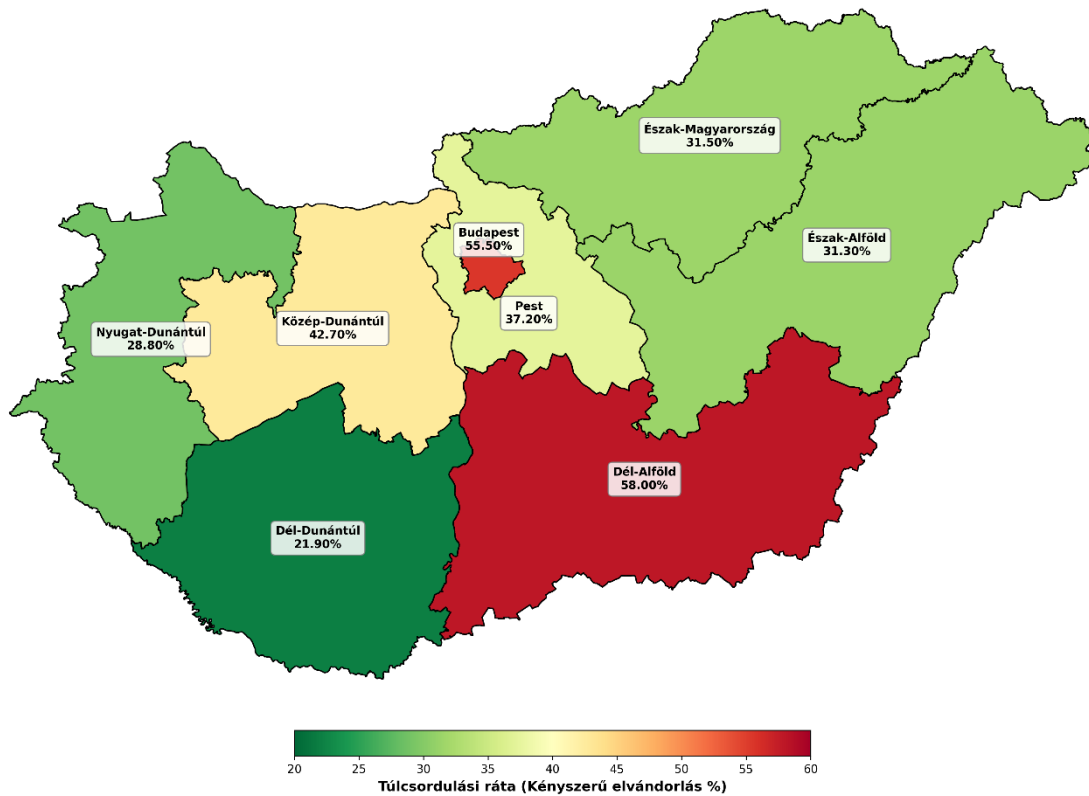
#### IV.6. Regionális stabilitás és az egészségügyi migráció (Túlsordulás)

A magyar egészségügy egyik alapdogmája a horizontális méltányosság: azonos szükséglet esetén földrajzi helytől függetlenül azonos eséllyel kell az ellátáshoz jutni (Gaál et al., 2011; Tulchinsky, 2018). A szimuláció térinformatikai kimenetei azonban rávilágítottak, hogy a merev TEK-rendszer (Területi Ellátási Kötelezettség) és a finanszírozási korlátok interakciója spontán kialakuló, masszív egészségügyi vándorlást (túlsordulást) generál a betegek körében (Kroneman és Nagy, 2001).

Az adatok feltárták a területi egyenlőtlenség drámai, számszerűsíthető mértékét: míg a medián szcenárióban a Dél-Dunántúli régióban a kényszerű migráció "csupán" 21,89% volt, és Észak-Magyarországon is megállt 31,48%-nál, addig a gazdaságilag és iparilag sűrűbb régiókban a rendszer komoly logisztikai nehézségekkel küzd. Budapesten a betegek kiugróan magas aránya, 55,54%-a (egyres szcenáriókban akár 55,99%-a), a Dél-Alföldön pedig 57,97%-a szorult ki a régiója szerinti kórházából. (10. ábra)

Ezt a bizonytalanságot a várakozás szórása tette teljessé. Ez a mutató Budapesten szcenáriótól függően elérte az 1,25 – 1,28 évet, és a Dél-Dunántúlon is kiugróan magas, 1,25 – 1,27 év volt. A szimuláció rámutatott: a magas szórás jelentős bizonytalanságot eredményez a betegek számára az ellátáshoz való hozzáférés idejét tekintve (1 és 5 év közötti intervallum). A modell kimenetei egyértelműsítik, hogy az alulfinanszírozott bázis és az ipari kockázatok együttesen a

horizontális méltányosság teljes megsemmisüléséhez és a betegek céltalan, drága belföldi utazásához vezetnek.

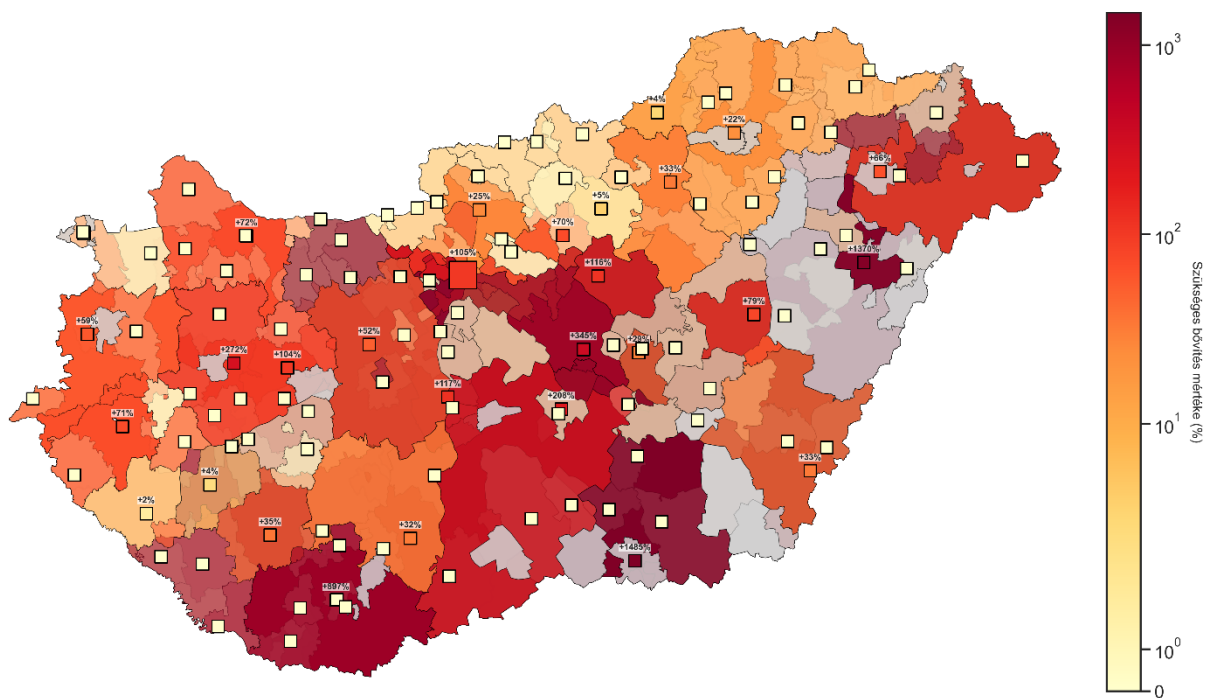


10. ábra: Regionális kapacitás-feszültség és elvándorlási ráták medián értéke (régiós bontásban). (Saját szimuláció, 2026)

A horizontális méltányosság elméleti érvényesülése és a gyakorlati kapacitáshiány közötti feszültséget a progresszivitási szintek tisztázatlan lehatárolása és a TEK-rendszer belső redundanciája tovább mélyíti (Tulchinsky, 2018; Gaál et al., 2011). A szimulált adatok alapján a migrációmentes állapothoz látszólag a Szegedi Tudományegyetemnek 1485,47%-kal, a Debreceni Egyetemnek 1370,44%-kal, a Semmelweis Egyetemnek 1172,01%-kal, a Pécsi Tudományegyetemnek pedig 882,20%-kal kellene növelnie báziskapacitásait. Ez az extrém elméleti igény jelentős részben abból adódik, hogy az egyetemi klinikai központok számos település – köztük a Baktalórántháza vagy a Bonyhád – számára kizárólagos TEK-ellátóként vannak kijelölve, (mivel alacsonyabb progresszivitási szinten nincsenek ellátók kijelölve,) miközben tényleges műtéti számuk a rutinbeavatkozások terén rendkívül alacsony (a Semmelweis és a Debreceni Egyetem esetében például mindössze évi 79-79 bázisműtét), mivel profiljukat – a harmadlagos progresszivitási (tercier) feladataikból adódóan – elsősorban a speciális és komplex esetekre korlátozzák (Gaál et al., 2011). A rendszerszintű bizonytalanságot tovább fokozza, hogy míg egyes települések több kórház kötelezettségi körébe is belesnek,

addig más területeken hiányzik a lokálisan definiált ellátó, ami a betegeket kényszerű migrációra, térbeli túlsordulásra sarkallja (11. ábra).

Mindez a „fókuszált gyár” (Focused Factory) koncepciójának szükségszerűségét támasztja alá: a merev és sokszor párhuzamos kötelezettségeket tartalmazó történelmi TEK-allokáció helyett a rutinfeladatokat magas volumenű, hatékony célszolgáltatókba (dedikált sérvközpontokba) kellene koncentrálni, feloldva az egyetemi centrumokat terhelő logisztikai ellentmondásokat és biztosítva a kiszámíthatóbb betegutakat (Skinner, 1974; HerniaSurge Group, 2018).



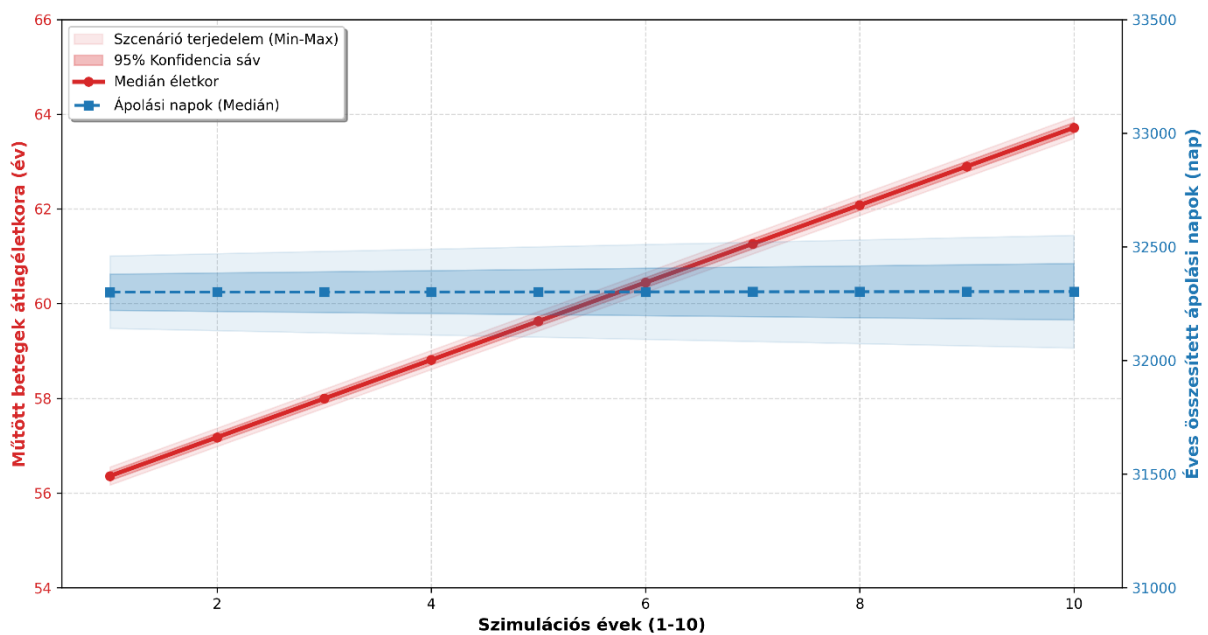
11. ábra: Éves kapacitásbővítési igény intézményenként, és hozzájuk tartozó Területi Ellátási Kötelezettség szerint. (Saját szimuláció, 2026)

#### IV.7. Időbeli dinamika és a demográfiai előregedés (Demográfiai sokk)

A kutatás legdrámaibb dinamikus felfedezése a betegpopuláció évtizedes távlatban mérhető felgyorsult öregedésével kapcsolatos. A modell igazolta, hogy a demográfiai trendek minden statikus tervezést felülírnak (Boros et al., 2021; Obádovics és Tóth, 2021). A szimuláció 10 éves futása során a beteganyag transzformációja tisztán leolvasható az évenkénti időlépésekből.

A műtőbe kerülő betegek átlagéletkora az 1. évben mért 56,17 – 56,55 évről folyamatos és meredek emelkedésnek indult, és a 10. év végére scenáriótól függően 63,49 – 63,94 évre ugrott. Volt olyan 10. évi szimulációs iteráció, ahol a maximális életkor a 111 évet is elérte. Ez a szignifikáns, egyetlen évtized alatt bekövetkező 7,5 éves populációs átlagéletkor-növekedés a Ratkó-generáció előregedésének matematikai leképeződése.

Az idősödő társadalom közvetlen egészséggazdaságtani nyomást fejt ki: bár a végrehajtott műtétek száma a TVK miatt minden évben rigorózusan fix maradt (20 467 eset), az elöregedő, lassabban gyógyuló betegek miatt a kórházi terhelés nem tudott csökkenni. Az 1. év ~32 141 – 32 460 ápolási napos terhelése a 10. évre is stabilan a kritikus 32 055 – 32 551 napos tartományban ragadt. Sőt, az idősebbek miatt a várólista súlya (a felhalmozódó igény) is 38,54 – 40,07 között ingadozott. A szimuláció egyértelműsíti: a makrogazdasági finanszírozás reformja és a felépülést gyorsító technológiai váltás nélkül az idősödő társadalom a jelenlegi ágykapacitások mellett az évtized végére az akut betegellátás teljes megbénulását okozhatja (GKI, 2024). (12. ábra)



12. ábra: A betepopuláció öregedése és a kórházi terhelés alakulása (10 éves sztochasztikus szimuláció eredményei szerint) (Saját szimuláció, 2026)

## V. Fejlesztési javaslatok és Makrogazdasági Szimuláció (What-If Analysis)

A modern egészséggazdaságtani és egészségügyi rendszerkutató (Health Systems Research) elemzések csúcspontját az úgynevezett preskriptív, vagyis előíró analitika jelenti. A kutatás ezen fázisában a felépített mikroszimulációs motor eredményeit felhasználva egy átfogó makrogazdasági forgatókönyv-elemzést (What-If Analysis) végeztem.

Az optimalizáció célja egy olyan paraméterrendszer (útiterv) meghatározása volt, amely képes véglegesen és fenntarthatóan felszámolni a többéves várólistákat, miközben

maximalizálja a klinikai minőséget, javítja az időgazdaságosságot, és megszünteti a betegeket sújtó, méltánytalan kényszerű egészségügyi migrációt.

### V.1. A preskriptív modellezés módszertani igazolása: Sztochasztikus diagnosztika és determinisztikus tervezés

A megelőző, IV. fejezetben bemutatott Monte Carlo szimulációk elsődleges célja a magyar ellátórendszer jelenlegi állapotának feltérképezése, a rejtett varianciák és a legrosszabb logisztikai forgatókönyvek diagnosztizálása volt. A kutatás ezen pontján felmerülhet a jogos módszertani kérdés: amennyiben az egészségügyi ellátórendszer működése és a betegek érkezése inherens módon, elkerülhetetlenül sztochasztikus (véletlenszerű) folyamat, az optimalizációs javaslatok és a What-If analízisek miért mégis determinisztikus, fix keretek (például évi pontosan 28 500 műtét vagy 75%-os eljárási arány) között kerültek kiszámításra és meghatározásra?

Ennek az oka az egészséggazdaságtani elemzések és az államháztartási, szakpolitikai tervezés szükségszerű kettősségében rejlik. Míg a probléma gyökerének megértéséhez (a diagnosztikához) elengedhetetlen a véletlenszerűség ezerszeres iterációja – hiszen épp ez leplezte le a Savage (2009)-féle átlagok hibáját, amely megmutatta, hogy egy átlagosan stabilnak tűnő rendszerben a szórás miatt miként alakulnak ki 5 éves extrém várakozások –, addig a megoldás makrogazdasági implementálásához a finanszírozónak (Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő, NEAK) megmásíthatatlan költségvetési sarokszámokra van szüksége. Egy minisztériumi egészségügyi büdzsé vagy egy kórházi bázisfinanszírozási szerződés nem operálhat tág valószínűségi eloszlásokkal a források allokációjakor (Boncz, 2011; NEAK, 2022b). A szakpolitikának tehát fix finanszírozási volumenekre (TVK), meghatározott technológiai és minőségi kvótákra, valamint precízen dedikált területi ellátási volumenekre van szüksége ahhoz, hogy a reform végrehajtható és jogszabályba foglalható legyen.

A szimuláció által javasolt évi 28 500 fős ideális országos sebészeti kapacitás ezért nem egy statikus, pusztán lakossági átlagból származik. Az epidemiológiai adatok alapján a valós, évenkénti demográfiai igény (az új sérvbetegségek incidenciája) felnőtt- és gyermekkorban együttesen nagyságrendileg 27 000 fő körül mozog (Burcharth et al., 2013; Grosfeld et al., 2006). A matematikai sorbanállási elmélet (Queueing Theory) azonban egyértelműen bizonyítja, hogy amennyiben egy sztochasztikus rendszerben a kapacitáskihasználtság eléri a 100%-ot (azaz a rendelkezésre álló kapacitás megegyezik az átlagos érkezési rátával), a

várakozási sor hossza a végtelenbe tart (Green, 2002). Ahhoz tehát, hogy az ellátás az esetek minimum 95%-ában fenntartsa a zökkenőmentes folyamatosságot, a kapacitásnak mindenképpen meg kell haladnia a pusztá átlagot. Az optimalizált modellben meghatározott 28 500 fős kapacitás a Monte Carlo szimuláció 95%-os konfidenciaintervallumának felső határából származik. Ez a determinisztikus makroszám tehát láthatatlanul magában foglalja azt a sztochasztikus "biztonsági puffert" (buffer capacity), amely képes elnyelni a demográfiai kilengéseket, az ipari vagy foglalkozási kockázatokból adódó esetszám-ingadozásokat (Hulshof et al., 2020), és a társadalom előregedése okozta egyre növekvő egészségügyi terhelést (Obádovics és Tóth, 2021).

## V.2. Az optimalizációs modell pillérei

A szimulációs keretrendszer felépítése és a 10 éves Realisztikus Tranzíciós Útiterv megalkotása során három fő beavatkozási pontot (makrogazdasági dimenziót) határoztam meg az ideális jövőbeli egészségügyi állapot eléréséhez. Ezek a pillérek szorosan reflektálnak a Status Quo modell (lásd IV. fejezet) által feltárt infrastrukturális, logisztikai és minőségi hiányosságokra.

**1. Volumenoptimalizáció és a sztochasztikus biztonsági puffert kiépítése:** A magyar egészségügyben jelenleg alkalmazott évi 20 467 fős statikus állami volumenkvóta nemcsak hogy alatta marad a valós biológiai szükségletnek, de teljes mértékben nélkülözi a rendszerkockázatok kezeléséhez elengedhetetlen tartalékokat. A szűkös kapacitás hatására a várólista nem fluktuál, hanem folyamatosan akkumulálódik. Ahogy azt a sorbanállási elméletek is igazolják, a biztonsági ráhagyás (puffer) nélküli rendszerek a legkisebb zavar (például egy járvány miatti lezárás vagy nyári szabadságot) hatására is azonnal összeomlanak (Gallivan et al., 2002). Az optimalizált modell ezért – a fenti módszertani igazolásnak megfelelően – a fenntartható alapképességet évi 28 500 műtétben rögzíti. Ez a 95%-os konfidenciaszinthez igazított volumen képes megakadályozni a várólisták újratermelődését, miután a történelmi adósságot a rendszer felszámolta.

**2. Technológiai paradigma-váltás (A minőség kikényszerítése):** A kapacitás pusztá mennyiségi növelése önmagában nem oldja meg az időgazdaságosság és az egészségügyi minőség problémáját, sőt, a hibás technológiai mix konzerválása egyenesen az ineffektivitás skálázását (növelését) eredményezné. A modell második pillére a minőségi ugrás kódolása. Az Európai Sérv Társaság (EHS) és a Nemzetközi Sérvsebészeti Irányelvek (HerniaSurge) egybehangzó, bizonyítékokon alapuló (evidence-based) ajánlásai szerint az elavult, háló

beültetése nélküli (feszüléssel) nyitott lágyéksérvműtétek alkalmazása a felnőtt ellátásban napjainkra szakmailag tarthatatlanná vált, kiújulási rátájuk elérheti a 10%-ot (Simons et al., 2009; HerniaSurge Group, 2018). A modell ezért előírja ezen eljárások (pl. 280D HBCS kód) arányának fokozatos 0%-ra történő csökkentését, míg a modern, minimálisan invazív (laparoszko-pos) beavatkozások arányát az optimális 75%-ra emeli. Fontos kiemelni, hogy a laparoszko-pia aránya orvosszakmai okokból (súlyos komorbiditások, kizáródás miatti sürgős szükség, kiterjedt hegesedések, kontraindikációk) sosem érheti el a 100%-ot (**HerniaSurge Group, 2018**). Ezt a radikális technológiai átállást a modell a valóságnak megfelelően, a „sebészi tanulási görbe” (learning curve) törvényszerűségeit tiszteletben tartva (**Neumayer et al., 2005**), több évre elnyújtva implementálja.

**3. Földrajzi optimalizáció és a horizontális méltányosság helyreállítása:** A magyar egészségügyi finanszírozás egyik legsúlyosabb strukturális torzulása, hogy a regionális kapacitás-elosztás (a kórházi ágyszámok és a műtéti volumenek allokációja) többnyire elavult, évtizedes történelmi bázisadatokon nyugszik, nem pedig a lakosság valós, aktuális demográfiai és morbiditási szükségletein (Gaál et al., 2011; GKI, 2022). A Bismarcki-modell alapját képező horizontális méltányosság elve megköveteli, hogy azonos egészségügyi szükséglet esetén minden állampolgár – lakóhelyétől függetlenül – azonos eséllyel és időkereten belül jusson hozzá az ellátáshoz (Tulchinsky, 2018). A Status Quo modell rávilágított, hogy a merev Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) fenntartása miatt Budapesten és a Dél-Alföldön a betegek 55-57%-a kényszerül elhagyni a saját ellátóközvetét. A szimuláció által számszerűsített masszív egészségügyi vándorlás pontosan azt a kényszerű túlcsoordulási jelenséget mutatja be a gyakorlatban, amelynek veszélyeire már Kroneman és Nagy (2001) is felhívta a figyelmet. A harmadik pillér célja ennek a földrajzi anomáliának a felszámolása: a kapacitásokat a szimuláció a tiszta epidemiológiai igények (a lakosság szám, a nemek aránya és az életkori piramis), valamint a foglalkozási rizikók (nehéz fizikai munka területi koncentrációja) területi súlyozása alapján osztja el újra.

### V.3. A Status Quo és az Optimalizált rendszer makrogazdasági ütköztetése

A szakpolitikai döntéshozatal és a Költség-Haszon Elemzések (Cost-Benefit Analysis) megkövetelik, hogy a sztochasztikus (véletlenszerű zajokkal terhelt) vizsgálatok mellett a rendszer sarokszámait fix, determinisztikus keretek között is ütköztessük (Barton et al., 2004; Kanavos et al., 2011). Ezek a nem sztochasztikus (zajmentes) What-If forgatókönyvek elengedhetetlenek ahhoz, hogy a makrogazdasági tervezők pontos, nominális megtérülési mutatókat (ROI) számolhassanak a beavatkozásokra vonatkozóan. Ennek megfelelően a

szimulációs motor első körben két végletesen eltérő, fix paraméterekkel rendelkező rendszert állított szembe egymással.

A **Status Quo (Jelenlegi) Rendszer** determinisztikus elemzése rávilágított a forráshiányos állapot rejtett ineffektivitására. Amennyiben a rendszert a történelmi bázisokon alapuló, statikus 20 467 fős műtéti volumen mellett rögzítjük, az állam közvetlen (primer) költsége ugyan éves szinten alacsonynak tűnik (3,97 milliárd forint), de az elavultabb technológiai mix miatt a kórházakra nehezedő fizikai teher elviselhetetlen. Ez a modell évente **32 301 ápolási napot** emészt fel a kórházi ágykapacitásokból, miközben a magasabb szövődményráták miatt minden egyes évben **939 beteg szorul ismételt reoperációra** a sérv kiújulása miatt.

Ezzel szemben az **Optimalizált Rendszer** egy olyan elméleti, de szakmailag indokolt jövőképet modellez, amely magába foglalja az előző fejezetben kiszámított 95%-os konfidenciaszintű biztonsági puffert. A determinisztikus feltételek itt a következők: a kapacitás évi 28 500 műtetre emelkedik, a háló nélküli nyitott műtéteket (pl. HBCS 280D felnőtteknél) a rendszer 0%-ra tiltja, míg az aranystandard laparoszkópia (HBCS 280E) arányát 75%-ban fixálja. Az adatok alapján ez a radikális váltás az éves primer költségeket azonnal **10,40 milliárd forintra** emeli. Ugyanakkor, hiába végzünk el évente 8 033-mal több műtétet, a modern technológia gyorsabb felépülési idejének köszönhetően a felhasznált ápolási napok száma arányaiban alig nő (mindössze **34 870 napra**), a rettegett sérv kiújulások (reoperációk) száma pedig stabilan és tartósan lecsökken évi **686 esetre**.

#### V.4. A reform megtérülése (ROI - Return on Investment) és az Időgazdaságosság

Az Értékalapú Egészségügy (Value-Based Healthcare) paradigmája, amelyet Michael Porter munkássága alapozott meg, kimondja, hogy az egészségügyi innováció és a kapacitásbővítés költségeit nem önmagukban, hanem az elért egészséghaszonnal és a rendszer szintű megtakarításokkal szembeállítva kell értékelni (Porter, 2010). A determinisztikus What-If analízis pontos adatokkal szolgál ezen Return on Investment (ROI) meghatározásához. Bár az optimalizált rendszer bevezetése átlagosan +6,42 milliárd forint éves többletforrást (inkrementális költséget) követel meg az államtól, ezért a beruházásért cserébe a társadalom azonnali és drasztikus egészséghasznot realizál:

Teljesítménynövekedés és Makrogazdasági Haszon: Évente pontosan +8 033 beteggel többet lát el a rendszer, méghozzá zéró várakozási idővel. Mivel ezen betegek jelentős része az aktív, munkaképes korosztályba tartozik, a gyorsabb felépülés és a megszüntetett várólista

nemzetgazdasági szinten masszív megtakarítást jelent a kiesett GDP visszanyerésével és a táppénzkiadások drasztikus csökkenésével (Kanavos et al., 2011; GKI, 2024).

A Minőség diadala (Elkerült Reoperációk): A hálós és laparoszko-pos eljárások normatív preferálásával a rendszer évente 622 ismételt (kiújuló) műtétet előz meg. Ez nem csupán 622 ember felesleges testi és lelki szenvedésének elkerülését jelenti, hanem felszabadít ugyanennyi aneszteziológiai és műtői kapacitást is.

Időgazdaságosság (A legnagyobb hozadék): A technológiai váltás legfőbb eredménye, hogy a beavatkozások jelentős volumennövekedése ellenére arányaiban évi 10 109 kórházi ápolási nap szabadul fel (a Status Quo technológiai mixéhez viszonyítva). Ez a megtakarított több mint tízezer ápolási nap az egészségügy jelenlegi legszűkösebb erőforrását: a szakápolói munkaidőt és az aktív kórházi ágyakat adja vissza a rendszernek. A humán erőforrás-válsággal küzdő hazai egészségügyben ennek használdozat-költsége (opportunity cost) óriási: az így felszabadult ágyakon a kórházak más, súlyosabb (például onkológiai vagy traumatológiai) betegeket láthatnak el anélkül, hogy új kórtermeket kellene építeniük vagy további ápolókat kellene a rendszerbe vonniuk (Boncz, 2011; Gaál et al., 2011; GKI, 2024).

## V.5. Földrajzi optimalizáció: A kapacitások újraosztása

A magyar egészségügy finanszírozásának egyik legsúlyosabb strukturális problémája, hogy a regionális kapacitáelosztás még mindig jórészt az elmúlt évtizedek történelmi bázisadatain (a korábbi ágyszámokon) nyugszik, és nem reagál a népesség elvándorlására, vagy a valós demográfiai szükségletekre (GKI, 2022). A IV. fejezetben bemutatott szimuláció rávilágított, hogy ez az elavult allokáció a főbb régiókban (Budapest, Dél-Alföld) 55-57%-os kényszerű egészségügyi migrációt (túlsordulást) eredményez.

Ahhoz, hogy a Bismarcki-modell alapját képező horizontális méltányosság elve – vagyis az „egyenlő szükségletért egyenlő ellátást” – megvalósulhasson (Tulchinsky, 2018), a finanszírozás reformja mellett elengedhetetlen a kvóták földrajzi újraosztása is. A determinisztikus optimalizációs modell a 28 500 fős ideális éves esetszámot a túlsordulástól megtisztított, valós regionális demográfiai és morbiditási (ipari rizikóval korrigált) igények alapján osztotta szét.

Az adatalapú, horizontálisan méltányos kvóták a következők szerint kell, hogy alakuljanak az országban:

- Budapest: 5 130 műtét / év

- Pest régió: 3 990 műtét / év
- Észak-Alföld: 3 990 műtét / év
- Közép-Dunántúl: 3 705 műtét / év
- Észak-Magyarország: 3 420 műtét / év
- Dél-Alföld: 3 420 műtét / év
- Nyugat-Dunántúl: 2 850 műtét / év
- Dél-Dunántúl: 1 995 műtét / év

Ezen tudományosan alátámasztott kapacitásértékek intézményesítésével a betegek értelmetlen és drága régióközi vándorlása gyakorlatilag teljesen megszüntethető, helyreállítva a lakóhelyközeli, biztonságos ellátásba vetett társadalmi bizalmat.

#### V.6. A „Költségminimalizáló szélsőérték-szenárió”: Kissick vasháromszög-modelljének tesztelése

A makrogazdasági modellezés tudományos teljessége megkövetelte egy radikális, tisztán primer költségminimalizálásra törekvő (szintén nem sztochasztikus, determinisztikus) forgatókönyv vizsgálatát is. A „Költségminimalizáló szélsőérték-szenárió” szenárió azt a hipotetikus egészségpolitikai irányvonalat modellezi, amelyben a döntéshozó kizárólag a kifizetett HBCS-alapdíjak leszorítására fókuszál. A modell feltételezte, hogy az évi 28 500 fős demográfiai igényt a rendszer végtelen kapacitás és tökéletes területi eloszlás mellett elégíti ki, ugyanakkor a finanszírozási nyomás miatt a kórházak 100%-ban a legolcsóbb, feszüléssel, háló nélküli nyitott technikákat (HBCS 280D, 281B) alkalmazzák a felnőtteknél.

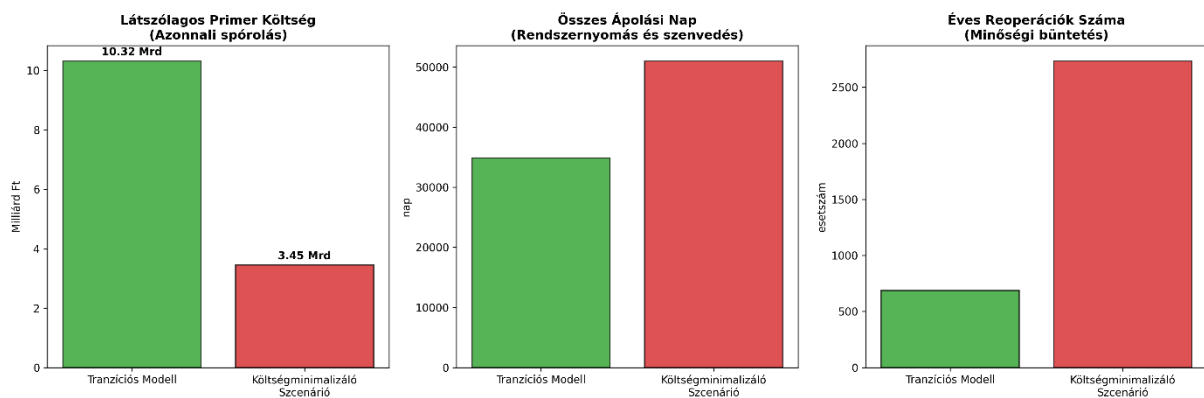
A kimeneti adatok tankönyvi pontossággal igazolták William Kissick „egészségügyi vasháromszögének” (Iron Triangle of Healthcare) tételét: a Költség, a Hozzáférés és a Minőség dimenziói közül bármelyik erőszakos rögzítése a harmadik dimenzió azonnali összeomlásához vezet (Kissick, 1994).

Látszólag a rendszer hatalmas, azonnali pénzügyi sikert aratott: az éves primer NEAK költség mindössze **3,45 milliárd forint**ra esett vissza. Ezt az optimalizált (75%-os laparoszkópos arányú) mix 10,40 milliárd forintos költségével összevetve a döntéshozó egy látszólagos, óriási **6,62 milliárd forintos spórolást** könyvelhet el.

What-If analízis azonban rámutatott ezen vélt megtakarítás rejtett költségeire és az ellátás minőségének szignifikáns romlására. A háló nélküli technikák közel 10%-os kiújulási kockázata miatt évente **2 735 beteg kényszerült reoperációra**. Ezeknek az ismételt

műtéteknek a finanszírozása önmagában **331,11 millió forint extra, elkerülhető NEAK terhet** generált, a tényleges állami kiadást azonnal 3,78 milliárd forintra emelve.

A legriasztóbb büntetést azonban a kórházi infrastruktúra szenvedte el. A nyitott, feszüléssel műtétek lassú posztoperatív gyógyulási ideje miatt a rendszerben elhasznált ápolási napok száma elérte az éves **51 015 napot**. Az optimális mixhez viszonyítva a modell **évente +2 049 extra sérv kiújulással és +16 144 extra ápolási nappal** büntette az ellátórendszert. A magyar egészségügyi valóságban, az ápolóhiány és a bérfeszültségek árnyékában (Gaál et al., 2011; GKI, 2024) további 16 ezer felesleges ápolási nap bevállalása fizikailag kivitelezhetetlen, és a kórházi osztályok logisztikai bénulásához, majd ezen keresztül a Hozzáférés (Access) teljes befagyásához vezetne. A modell bebizonyította az egészséggazdaságtan egyik legfontosabb axiómáját: az egységköltségen való drasztikus spórolás végeredményben mindig a legdrágább és legkárosabb megoldás a társadalom számára. (13. ábra)



13. ábra: Determinisztikus Stressz-teszt: A Kissick-vasháromszög összeomlása (Költségminimalizáló szélsőérték vs. Tranzíciós Modell) (Saját ábra, 2026)

## V.7. A Finanszírozási Tranzíciós Modell (10 éves útiterv)

Az egészséggazdaságtani modellezés egyik leggyakoribb csapdája az „utópisztikus tervezés”, amikor a döntéshozók egy irreális, azonnali paradigmaváltást vizionálnak. Az egészségügyi rendszerek működése azonban rendkívül lomha (magas az inerciája), így egy azonnali technológiai ugrás és egy drasztikus volumenbővítés a gyakorlatban, napról napra kivitelezhetetlen (Gaál et al., 2011). Ahhoz, hogy a kutatás ne csupán egy elméleti optimum maradjon, a szimulációs kódban felépítettem egy „Finanszírozási Tranzíciós Modellt”, amely egy tízéves, három fázisra bontott makrogazdasági útitervet (roadmap) vázol fel az ideális, V.3.-ban bemutatott állapot elérésére.

## **A Várólista, mint felhalmozódott "Egészségügyi Hitel"**

A tranzíciós modell legfontosabb szakpolitikai paradigmája, hogy az, óriási várólistát nem egy statikus, megmásíthatatlan adottságként, hanem egy évtizedek alatt felhalmozódott "egészségügyi hitelként" (Health Debt) kezeli. Minden olyan évben, amikor az állam a valós lakossági szükséglet (évi ~28 ezer műtét) alatt tartotta a TVK korlátot, ennek a hitelnek a "tőkéje" növekedett. Erre az adósságra a szimulált elavult műtétek miatt bekövetkező kiújulások (reoperációk) pedig folyamatos „kamatként” rakódnak rá. Ez a jelenség tökéletesen illusztrálja Siciliani és munkatársai (2014) elméletét a várólisták rejtett terheinek akkumulációjáról.

A szimuláció a hitel letörlesztésére a következő dinamikus és agresszív pályát futtatta le: az 1. évben a rendszer még csak mérsékelt kapacitásnövelést hajtott végre 22 000 műtéttel (5,07 Mrd Ft primer költséggel), hogy a kórházak alkalmazkodhassanak. A „hitel” visszafizetése és a torlódás felszámolása érdekében a 2. évben 25 000-re, a 3. évben 28 000-re, majd a 4. évben 32 000-re nő a beavatkozások száma. A rendszer az abszolút csúcsterhelését (a kapacitás-injekciót) az 5. és 6. évben éri el, ahol a volumen **évi 35 000 – 36 000 műtetre** megy fel. A központi egészségügyi költségvetés a 7. évben éri el a történelmi maximumát **11,65 milliárd forinttal**.

Ezen emelt kapacitású teljesítmény eredményeként a 40 ezres várólista szignifikánsan csökken: a 6. év végére 24 805 főre, majd a 8. évre 15 403 főre mérséklődik. Miután a rendszer a 9. évre "visszafizette a hitelt", a finanszírozott kapacitás szelíden visszaáll a természetes demográfiai érkezési rátára, azaz az ideális 28 500 műtetre (10,53 Mrd Ft). A 10. év végére a várólista egy egészséges, operatív minimumra (úgynevezett frictional waitlist) áll be, **13 775 fővel**. Az átmenet 10 éve alatt a teljes NEAK (Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő) kiadás kumuláltan **92,95 milliárd forintot** tesz ki.

### **Fázisolt területi allokáció: A Bismarcki-elv etikai dilemmája**

A szimulációs iterációk és az optimalizációs modell rávilágítottak egy rendkívül kényes, de megkerülhetetlen egészségpolitikai dilemmára: a jelenlegi logisztikai krízis felszámolásához az első években átmenetileg fel kell áldozni a Bismarck-modell egyik legfontosabb alapdogmáját, az egyenlő területi eloszlás (horizontális méltányosság) elvét (Tulchinsky, 2018).

Mivel a IV. fejezetben bizonyítást nyert, hogy az egészségügyi migráció (a betegek kényszerű utazása) Budapesten és a Dél-Alföldön hatalmas, 55-57%-os túlsordulást mutat, a 10 éves tranzíciós modell a területi kvótákat (TVK) nem lineárisan és nem minden régióban azonos mértékben növeli, hanem célzottan, a túlsordulási gócek köré koncentrálna emeli meg. A

kapacitások újraosztása ennek megfelelően három, jól elkülöníthető logisztikai fázisra bontható:

Első Kríziskezelő Fázis (1–3. év): Ebben a kritikus időszakban a rendszer a teljes forrásbővülést a legterheltebb területekre fókuszálja. A szimulációs adatok mutatják a koncentráció mértékét: Budapest kapacitását az 1. évi 4 604 műtétről a 2. évre 6 404-re, majd a 3. évre radikálisan 8 204 beavatkozásra kell növelni. Ugyanez a fókusz érvényesül a Dél-Alföldön is, ahol a kvóta 3 069-ről indulva a 3. évre eléri az 5 469 esetet. Ugyanezen időszak alatt egy kevésbé terheltebb régió, például a Nyugat-Dunántúl kapacitása szigorúan stagnál (mindhárom évben fixen 2 047 műtét/év marad). Az egyenlő hozzáférés elve a szimuláció ezen pontján sérül a legélesebben: az általam felvázolt modell intézményesíti a területi diszkriminációt annak érdekében, hogy a fővárosi és dél-alföldi rendszerszintű összeomlást megállítsa, és felszámolja azt a belföldi migrációs kényszert, amelynek kártékony hatásaira már Kroneman és Nagy (2001) is felhívta a figyelmet.

Másodlagos Konzolidációs Fázis (4–6. év): Ahogy a 4. évre a fővárosi krízis enyhül (a várólista-adósság jelentős részét itt már ledolgozták), a fókusz és a többletfinanszírozás átcsoportosul a nagy agglomerációkra és az Alföld északi részére. Budapest kvótája a 4. évre 3 684 műtetre esik vissza, miközben Pest régió kapacitása a 3. évi 2 865 esetről a 4. évre hirtelen 6 803-ra, az 5. évre 7 828-ra, a 6. évre (a rendszer csúcsterhelésekor) pedig 8 169 beavatkozásra ugrik. Hajszálpontosan ugyanezt a terhelési ívet futja be az Észak-Alföld is (6 803 -> 7 828 -> 8 169 eset), átvéve a keleti országrész betegeinek ellátását. Közép-Dunántúl eközben 6 318-ról 7 586-ra skálázódik fel, tehermentesítve a nyugati országrészt.

A Nemzeti Kiegyenlítő Fázisa (7–10. év): A saját szimulációm alapján a rendszer csak a 7. évtől, a 40 ezres felhalmozott 'egészségügyi hitel' letörése után térhet vissza a kiegyenlített eloszlásra. Ez az az állapot, amely már megfelel a Gaál és munkatársai (2011) által is ideálisnak tartott, demográfiai kockázatokhoz igazított finanszírozásnak. A 7. és 8. év a fokozatos visszarendeződésé, majd a 9. és 10. évben beáll az a fenntartható, valós szükségletarányos kvótarendszer (évi 28 500 esetes összkapacitás mellett): Budapest (5 130), Pest (3 990), Észak-Alföld (3 990), Közép-Dunántúl (3 705), Észak-Magyarország és Dél-Alföld (3 420-3 420), Nyugat-Dunántúl (2 850), valamint Dél-Dunántúl (1 995 eset).

### **Technológiai átmenet és a sebészi tanulási görbe**

A makrogazdasági optimalizáció leggyakoribb hibája annak utópisztikus feltételezése, hogy az európai aranystandardnak számító eljárások (jelen esetben a laparoszkópia 75%-os aránya)

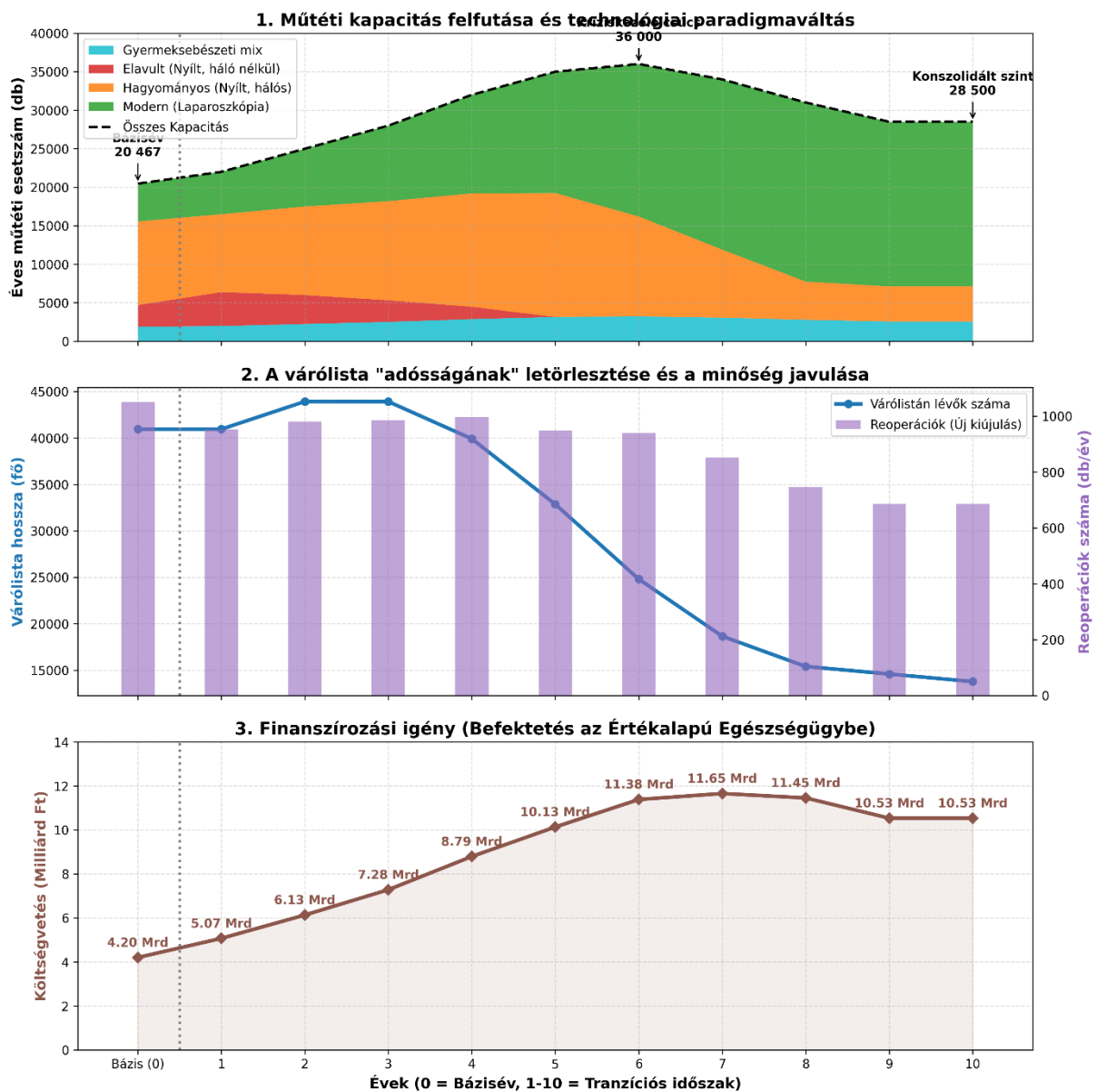
egyetlen adminisztratív döntéssel, azonnal bevezethetők. A szimulációs modell azonban integrálta a "sebészeti tanulási görbe" (learning curve) biológiai és oktatási törvényszerűségeit is. Mivel az idősebb sebészgenerációtól nem várható el, hogy egyik napról a másikra áttérjen egy kiterjedt anatómiai preparálást igénylő nyitott műtétről a teljesen más finommotorikát, mélységérzékelést és kéz-szem koordinációt igénylő endoszkópos technikára, a technológiai váltásnak lépcsőzetesnek kell lennie (Neumayer et al., 2005).

A 10 éves tranzíció nyers adatai pontosan bemutatják ezen minőségi váltás anatómiáját, amelyet a finanszírozónak a HBCS (Homogén Betegségcsoportok) díjainak módosításával kell kikényszerítenie:

Az elavult technológiák agresszív kivezetése (1–5. év): A modell legfőbb minőségi prioritása a magas kiújulási rátát és indokolatlanul sok ápolási napot generáló, háló beültetése nélküli nyitott műtétek (pl. HBCS 280D) felszámolása a felnőttellátásban (Simons et al., 2009). Az 1. évben a rendszer a 22 000 műtétből még mindig 4 400 ilyen korszerűtlen beavatkozást finanszíroz (a 10 120 nyitott hálós, az 5 500 laparoszkópiás és az 1 980 gyermeksebészeti eljárás mellett). A szimuláció algoritmusában azonban a 2. évtől drasztikusan visszaszorítja a háló nélküli eljárásokat: a 2. évben 3 750, a 3. évben 2 800, a 4. évben pedig már csak 1 600 ilyen eset történik. Az 5. évre a háló nélküli műtétek volumene végleg eléri a 0 darabot, és a technológia kivezetésre kerül a felnőtt korosztályban (annak ellenére, hogy a gyakorlatban klinikailag nem javasolt minden műtetet sérvháló felhasználásával végezni). A kieső volument a tanulási fázisban lévő sebészek miatt átmenetileg az egyszerűbben elsajátítható, de már modernnek számító nyitott hálós eljárások veszik át, amelyek esetszáma az 5. évben tetőzik 16 100 beavatkozással.

A laparoszkópia felfutása és dominanciája (1–10. év): Ezzel párhuzamosan zajlik a minimálisan invazív laparoszkópiás (HBCS 280E) technológia elterjesztése a tanulási görbével párhuzamosan (HerniaSurge Group, 2018). Az 1. évi 5 500 laparoszkópos esetszám a szakorvosok képzésével és a géppark bővülésével folyamatosan, lineárisan emelkedik: a 2. évben 7 500, a 3. évben 9 800, a 4. évben 12 800, majd az 5. évben eléri a 15 750 esetet. A csúcsterhelést jelentő 6. évben (amikor 36 000 műtetet végez a rendszer) a laparoszkópia már 19 800 esettel dominál, a 7. évben pedig eléri a maximumát, a 22 100 esetet. A 9. és 10. év konszolidált, évi 28 500 beavatkozást vizsgáló működése során a laparoszkópia stabilan beáll az évi 21 375 darabos esetszámra, amely az összes felnőtt beavatkozás pontosan 75%-át teszi ki (a fennmaradó 25% felnőtt ellátást nyitott hálós technikával, a fennmaradó 2 565 esetet pedig a gyermeksebészeti ellátások adják).

A minőségi transzformáció eredménye: Ennek a tízéves technológiai átrendeződésnek a leglátványosabb, emegensen felbukkanó eredménye az újraoperált betegek számának markáns csökkenése. Míg az 1. évben a 22 ezer műtét 952 kiújulást generált, és a 4. évben a 32 ezres kapacitás ismét 997 reoperációhoz vezetett az elavult technikák miatt, addig az évtized második felében a laparoszkópia elterjedése "letöri" a szövődményeket. Hiába végez a rendszer továbbra is magas számú műtétet, a kiújulások (reoperációk) száma a 7. évre 853-ra, a 8. évre 746-ra, majd a szimulációs kimenetek szerint a 9. és 10. évre a reoperációk száma stabilan évi 686-ra csökken. Ahogy arra Kanavos és munkatársai (2011) is rámutattak, az ilyen típusú minőségi javulás a betegek szenvedésének minimalizálása mellett kulcsfontosságú a felesleges állami költségek elkerülésében is. (14. ábra)



14. ábra: 10 Éves Finanszírozási Tranzíciós Útitervezési eredményei (Saját szimuláció, 2026)

## V.8. Módszertani validáció: A tranzíciós modell sztochasztikus stressztesztje és makrogazdasági érzékenységvizsgálata

Az operációkutatás, az egészséggazdaságtan és a kapacitástervezés egyik legfontosabb módszertani kritikája (amely a jelen dolgozat központi felvetése is), hogy a szigorú matematikai táblázatokon nyugvó, tiszta determinisztikus tervek a valóságban a legkisebb demográfiai, epidemiológiai vagy logisztikai sokk hatására is kártyavárként omolhatnak össze (**Savage, 2009**). Ahhoz, hogy a felvázolt 10 éves Tranzíciós Útiterv robusztusságát, rugalmasságát és válságállóságát a tudományos elvárásoknak megfelelően igazoljam az ISPOR-SMDM irányelvek alapján (**Caro et al., 2012; Siebert et al., 2012**), az előző alfejezetben (V.7.) meghatározott determinisztikus, dinamikus paramétereket visszatápláltam a sztochasztikus Monte Carlo szimulációs motorba.

Ez a stresszteszt elképesztő adatképtelenségben, összesen 2 100 000 egyedi szintetikus betegutat generált le a 10 éves átmenet 7 különböző statisztikai konfidencia-forgatókönyve mentén (300 000 vizsgált beteg per scenárió). A nyers kimeneti adatok (outputok) a következő, megdöbbentő rendszerszintű stabilitást és makrogazdasági sikert igazolták:

### **A kapacitás-injekció sztochasztikus sikere és a várakozási plafon (Waiting Time Ceiling)**

Míg a Status Quo modellben (IV. fejezet) a véletlenszerű betegbeáramlások a rendszer statikus inerciája miatt akár 3-5 éves extrém várakozásokat is produkáltak a legpechesebb betegek körében, a stressztesztben a Tranzíciós Terv sikeresen elnyelte a sokkokat. Az összesen vizsgált 300 ezer fős tömeg esetében a betegek átlagos várakozási ideje a korábbi elfogadhatatlan szintekről – az óriási kiinduló várólista-adósság ellenére is – tartósan 1,29 – 1,33 évre csökkent.

A logisztikai áttörést a szimulációs eredmények alapján nem pusztán az átlagok csökkenése, hanem a szórás drasztikus mérséklődése (0,54 – 0,55 év) jelentette. Ezzel a modell a gyakorlatban is elérte a szakirodalomban jól ismert Várakozási Plafont (Waiting Time Ceiling), amelynek fontosságát García-Corchero és Jiménez-Rubio (2022) is kiemelte a társadalmi egyenlőtlenségek csökkentésében. A szimulációs adatok bizonyítják, hogy a reform hatására a rendszer a legkedvezőtlenebb iteráció esetén is szigorúan 2,0 évben maximalizálta a várakozást a várakozást minden felnőtt korcsoport – így az aktív (19-50 év), az idősebb aktív (51-65 év), és a 65 év feletti nyugdíjas rétegek – számára. Ez azt jelenti, hogy a rendszer a legextrémebb nyomás alatt sem engedett meg 2 évnél hosszabb várakozást egyetlen felnőtt betegnek sem.

Emellett a klinikai sürgősségi (triage) modul hibátlanul működött a véletlenszerű zajok alatt is: a 0-1 éves csecsemők várakozási ideje és annak szórása minden egyes scenárióban stabilan

0,00 év maradt a szimuláció során. Ez az azonnali ellátást garantáló eredmény kritikus fontosságú, hiszen Zamakhshary és munkatársai (2008) egyértelműen bizonyították a csecsemőkori sérvkizáródás extrém magas mortalitási kockázatát.

### **Költségvetési prediktabilitás és a portfólióhatás**

A sztochasztikus modellezés bevezetésével szembeni leggyakoribb államigazgatási és minisztériumi kritika, hogy a véletlenszerűség meggátolja a többéves makrogazdasági költségvetés fix tervezését, és a finanszírozó elveszíti a kontrollt a kiadások felett (**Barton et al., 2004**). A 2,1 millió betegutat feldolgozó stresszteszt azonban empirikusan bizonyította a statisztikai nagyszámok törvénye (Law of Large Numbers), azaz az egészségügyi portfólióhatásnak az érvényesülését a hazai makro-adatokon.

Hiába generált a számítógép a 10 év alatt véletlenszerűen súlyos komplikációkat, posztoperatív szövődményeket, költséges reoperációkat vagy épp elhúzódó ápolásokat az egyes betegeknél, a finanszírozó (NEAK) kumulált primer kiadása az évtized végére mind a 7 scenárióban egy elképesztően szűk, minimális szórású, **91,02 és 91,22 milliárd forint közötti sávban maradt**. Ez a rendkívüli pénzügyi robusztusság garantálja a Pénzügyminisztérium számára, hogy a reform megtervezése és végrehajtása pénzügyileg abszolút kiszámítható, és a program nem hordoz magában elszabaduló finanszírozási „fekete hattyú” kockázatokat.

### **A minőségi tranzíció és a reoperációs ráta konszolidációja**

A 2,1 millió futás technológiai aggregációjának mélyfűrése világosan igazolja, hogy a minőségi ugrás beépült a rendszerbe. A 10 év alatt a hálózat már összesen **1 141 075 esetben (rendkívül alacsony, átlagos 1,10 napos ápolással) alkalmazott modern laparoszkoós (280E) eljárást**, miközben az elavult, hagyományos nyitott műtétek száma 958 925 esetre (magasabb, 1,59 napos átlagos ápolással) szorult vissza. Ez éles, progresszív kontraszt a IV. fejezetben bemutatott Status Quo rendszerrel szemben, ahol a nyitott műtétek még jelentős dominanciát mutattak.

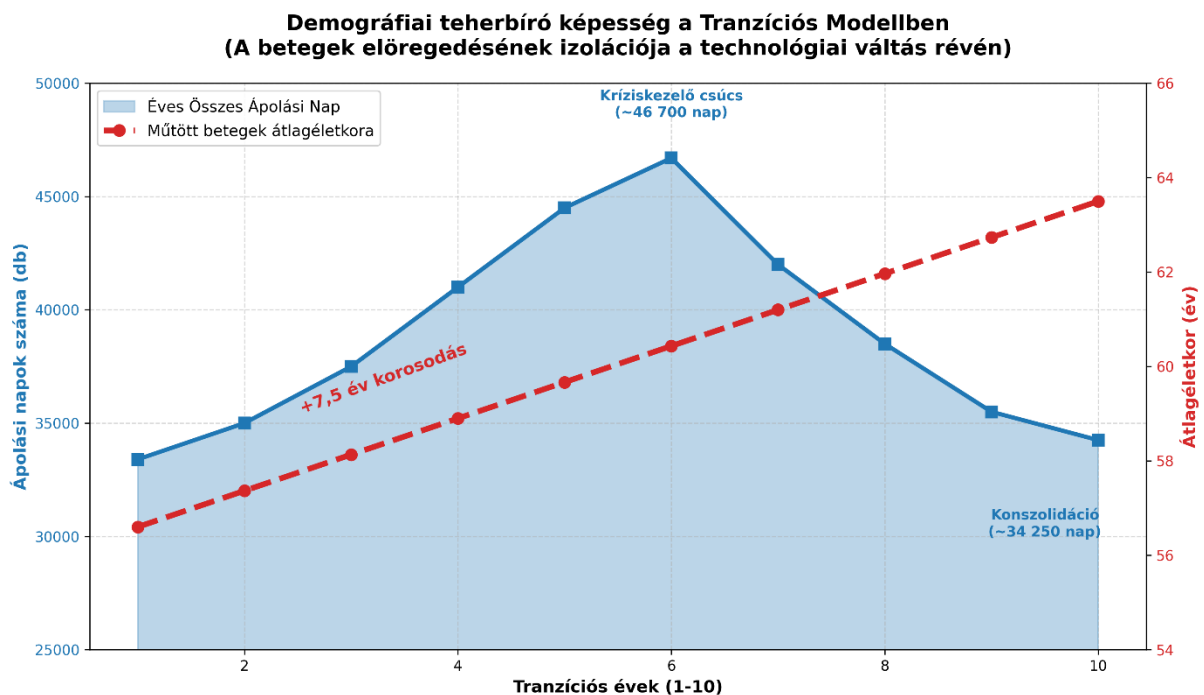
Ennek a minőségi technológia-váltásnak az emergensen felbukkanó, legfontosabb eredménye, hogy teljes 300 000 fős dekádos mintán az újraoperált (sérvkiújulást elszenvedő) betegek száma a rendkívül alacsony 8 550 – 8 853 eset között stabilizálódott. Ez a szimulált minőségi javulás egyenes következménye annak az algoritmikus lépésnek, amely a feszüléssel műtéteket szisztematikusan kivezette a rendszerből, szigorúan követve Simons és munkatársai (2009), valamint a HerniaSurge Group (2018) nemzetközi klinikai irányelveit. Az átlagos ápolási napok hossza a teljes országos hálózatban 1,32 – 1,33 napra csökkent (0,53-0,55 napos

szórással), miközben a maximum bentfekvés a legsúlyosabb, kiugró (outlier) komplikációs esetekben is csupán 4 napnál tetőzött, megakadályozva a kórházi ágyak hosszú távú, szükségtelen blokkolását.

Demográfiai teherbíró képesség: A demográfiai előregedés izolációja

A stresszteszt rávilágított a magyar egészségügy egyik legkisebb figyelemmel kísért, de legkritikusabb demográfiai tényére: a Ratkó-generáció drasztikus előregedését megállítani nem lehet, de annak a kórházakat megbénító logisztikai hatásait egy megfelelő, modern modellel izolálni lehetséges (Obádovics és Tóth, 2021; GKI, 2024).

A szimuláció adatai megmutatták az előregedés kérlelhetetlen folyamatát: a 10 éves futás során a műtőasztalra kerülő betegek átlagéletkora az 1. évi 56,43 – 56,86 évről megállíthatatlanul idősödött, és a 10. év végére elérte a **63,20 – 63,94 évet**. Sőt, a generált sztochasztikus szélsőértékek között megjelent a 111 éves maximális, extrém komorbiditással és biológiailag lassú felépüléssel jellemezhető betegéletkor is. (15. ábra)



15. ábra Demográfiai teherbíró képesség a Tranzíciós Modellben (Saját szimuláció, 2026)

Ugyanakkor, amíg a IV. fejezet Status Quo modelljében a betegek előregedése a kórházi ápolási napok (ágykihasználtság) tartósan magasan ragadását és a rendszer folyamatos eldugulását okozta, a Tranzíciós modellben a kapacitás-növelés és a modern technológia interakciójából emergensen felbukkant egy teherbíró védőpuffer. Az 1. évben a rendszernek a 22 ezer műtét feldolgozásához még ~33 400 ápolási napra volt szüksége. Ahogy a kríziskezelő

kapacitás a 6. évre elérte az extrém 36 000 műtétes csúcst (a várólista "adósságának" letörlesztése érdekében), az ápolási teher – a logikának megfelelően – kiugrott 46 652 – 46 806 nap fölé. Azonban a 10. évre – hiába lettek a betegek átlagosan több mint 7,5 évvel idősebbek, és ezáltal potenciálisan lassabban gyógyulók – a modern laparoszkópia 75%-os térnyerésének köszönhetően a rendszer **éves ápolási napjai meredeken csökkentek 34 153 – 34 361 napra.**

A várólista-adósság letörlesztésének értékelésekor elengedhetetlen rámutatni egy súlyos egészségstatisztikai anomáliára, a jobbra cenzúrázás (right-censoring) torzító hatására. Ha a mindenkori egészségügyi kormányzat kizárólag az átlagos várakozási időt vizsgálja, az úgynevezett „átlagok hibája” miatt hamis képet kap a rendszer valós állapotáról (Savage, 2009). Egy bedugult, alulfinanszírozott modellben ugyanis a leghosszabb ideje várakozó, legnehezebb esetek az adatfelvétel (vagy a vizsgált év) végén is a várólistán rekednek. Mivel ők még nem kerültek műtőasztalra (az eseményük cenzúrázott), az ő extrém hosszú várakozási idejük nem jelenik meg a lezárt és sikeresen megoperált esetek statisztikájában, ami a várólisták mérésének egyik legismertebb nemzetközi módszertani problémája (Siciliani et al., 2014). Emiatt a hivatalos átlag mesterségesen alacsony marad, elfedve a rendszer mögöttes csődjét és az adatok körének folyamatos, torzító változását (GKI, 2022; GKI, 2024). A sorbanállási elméletek bizonyítják, hogy a megfelelő kapacitáspufferek hiányában kialakuló rejtett logisztikai torlódások megbénítják az ellátást (Gallivan et al., 2002). A jelen kutatásban felépített Tranzíciós modell 6. évi kapacitáscsúcsa pontosan ezt a statisztikai illúziót töri át: az adósság letörlesztésével beemeli a számításba a cenzúrázott betegeket is, láthatóvá téve, majd strukturálisan meg is szüntette a rejtett logisztikai torlódást.

Ez a jelen kutatás végső, talán legfontosabb egészséggazdaságtani és makrogazdasági bizonyítéka: a szimulált technológiai modernizáció (a minimálisan invazív sebészet drasztikus elterjesztése) az egyetlen olyan pajzs, amely képes időgazdaságosságot teremteni, és véglegesen felszámolni a várólistákat. A kutatási kimenetek igazolják, hogy kizárólag ez a megoldás védheti meg az állami ágykapacitásokat attól az elöregedésből fakadó logisztikai összeomlástól és finanszírozási krízistől, amelynek rendszerszintű kockázatait Gaál és munkatársai (2011), valamint a GKI (2024) is prognosztizálták.

*1. Táblázat: Tranzíciós modell eredményei:*

Szenárió (betegszám szerint)	Összes költség (10 év) [Mrd. Ft]	Átlagos várakozási idő [Év]	Ápolási napok (10 év) [db]
Minimum	91,02	1,29	34 174

99% CI Alsó	91,03	1,31	34 153
95% CI Felső	91,04	1,32	34 361
Medián	91,06	1,33	34 164
95% CI Felső	91,12	1,31	34 174
99% CI Felső	91,17	1,33	34 174
Max	91,22	1,32	34 282

## VI. Megvitatás és Limitációk

### VI.1. A hipotézisek kiértékelése és a kutatás főbb következtetései

A kutatás során felépített Monte Carlo mikroszimulációs modell adatai és a "What-If" makrogazdasági stressztesztek eredményei alapján a determinisztikus hazai kapacitástervezés azonnali paradigma-váltásra szorul. A Status Quo rendszerben generált 1 432 690 betegút, valamint a Tranzíciós Tervben generált 2 100 000 szintetikus eset kimenetei bebizonyították, hogy a jelenlegi beállítások (a statikus HBCS alapidjak, a merev TEK határok és a fix évi ~20 ezer műtétes kvóta) együttesen egy fenntarthatatlan, a betegbiztonságot veszélyeztető strukturális feszültséget generálnak.

A Bevezetésben felállított három fő kutatási hipotézis az alábbiak szerint értékelhető ki a szimuláció tényadatai alapján:

**1. Hipotézis: Az átlagok hibája :Az első hipotézist a kutatás eredményei egyértelműen és statisztikai szignifikanciával igazolták.**

A determinisztikus kapacitástervezési modellek, amelyek kizárólag a matematikai átlagokra támaszkodnak, szisztematikusan alulbecsülik a rendszerben rejlő sztochasztikus kockázatokat és a várólisták exponenciális növekedési ütemét. Az eredmények rámutatnak, hogy bár a determinisztikus átlag a Status Quo forgatókönyvekben 2,48 és 2,51 év közötti várakozást jósolt az elektív betegek számára, a Monte Carlo szimuláció feltárta a rendszer szélsőértékeit (outliereit). A leíró statisztikák alapján a legkedvezőtlenebb helyzetben lévő betegek legfelső 25%-a (a harmadik kvartilis) stabilan legalább 3 évet, a maximum értékeket tekintve pedig – konfidencia-szenáriótól függetlenül – akár 5 évet is kénytelen volt a várólistán tölteni a pusztán logisztikai torlódások miatt. Hasonló, az "átlagok hibáját" igazoló anomália mutatkozott az ápolási napok eloszlásában is: az optimálisnak tűnő 1 napos medián ápolási idő mögött valójában akár 5 napos extrém, az ágykapacitásokat blokkoló bentfekvések húzódtak meg. A

szimuláció bebizonyította a sorbanállási elméletek alaptételét, miszerint megfelelő biztonsági puffer hiányában a rendszer a legkisebb véletlenszerű ingadozás hatására is logisztikai összeomláshoz vezet. A kutatás igazolta, hogy a pusztán átlagokra hagyatkozó kapacitástervezés hamis biztonságérzetet nyújt a döntéshozóknak, miközben a valóságban a betegek a rendszer varianciájának áldozataivá válnak.

**2. Hipotézis: Demográfiai sokk: A második hipotézist a szimulációs futások dinamikus időbeli kimenetei teljes mértékben alátámasztották. A magyar társadalom korfájának sajátosságai az elkövetkező évtizedben drasztikus, eddig nem látott terhet rónak az elektív sebészeti ellátórendszerre.**

A 10 éves szimulációs periódus évenkénti adatainak elemzése megmutatta, hogy a műtőasztalra kerülő betegek átlagéletkora a kiindulási 56,17 – 56,55 évről a 10. év végére megdöbbentő módon 63,49 – 63,94 évre emelkedett (sőt, a sztochasztikus iterációk során megjelent a 111 éves extrém maximális betegéletkor is). Ez a szignifikáns, egyetlen évtized alatt bekövetkező több mint 7,5 éves felgyorsult öregedés egyértelműen a legnagyobb lélekszámú „Ratkó-generáció” életkori rizikócsúcsba (a 65–75 év közötti időszakba)érésének a matematikai leképeződése. A társadalom idősödése makrogazdasági hatása a szimuláció szerint abban nyilvánul meg, hogy az idősödő, eleve magasabb komorbiditással rendelkező beteganyag miatt a kórházi terhelés állandósul és befagy. Bár a TVK kvóta miatt az állam által finanszírozott műtéti volumen mereven statikus maradt (évi 20 467 eset), az idősebb populáció lassabb posztoperatív felépülése miatt az összes felhasznált ápolási nap folyamatosan a kritikus 32 200 – 32 600 napos (bizonyos rosszabb futásoknál 32 675 napos) tartományban ragadt. A kutatás bebizonyította, hogy megfelelő technológiai váltás (a minimálisan invazív laparoszkópia elterjesztése) nélkül a demográfiai előregedés a kórházi ágykapacitások teljes benuulásához vezet.

**3. Hipotézis: Területi és finanszírozási egyenlőtlenségek (A túlcsoordulás): A harmadik hipotézis a szimuláció térinformatikai és logisztikai kimenetei alapján megkérdőjelezhetetlen igazolást nyert.**

A kutatás kimutatta, hogy a jelenlegi historikus finanszírozási környezet és a rigid Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) hálózata aszimmetrikus terhelést és kényszerű, tömeges egészségügyi migrációt (túlcsoordulást) generál a betegek körében. Mivel a valós demográfiai lakossági szükséglet (évi mintegy 27 000 - 28 500 eset) jelentősen meghaladja a finanszírozott 20 467 fős kvótát, az intézmények az alulfinanszírozottság és az elszabaduló primer költségek miatt ellenérdekeltté váltak az ellátási volumen növelésében. A modell területi adatai feltárták

ezen ineffektivitás drámai mértékét: a betegek átlagosan 39,18 – 39,31%-a szorult ki a saját lakóhelye (TEK) szerinti ellátóhelyéről. A gazdaságilag és iparilag sűrűbb központi régiókban ez a kényszerű migráció katasztrofális méreteket öltött: a túlcsoportulás Budapesten 55,54 – 55,99%-ot, a Dél-Alföldön pedig 57,34 – 57,97%-ot ért el. Ezzel szemben egy kevésbé terhelt régióban, mint például a Dél-Dunántúlon, ez az arány szignifikánsan alacsonyabb, 21,89 – 22,79% között maradt. A várakozás szórásában a budapesti 1,25 – 1,28 éves érték megerősítette, hogy az ellátáshoz való hozzáférés ezekben a régiókban jelentős bizonytalanságot eredményez a betegek számára. Ez a regionális egyenlőtlenség nemcsak a betegbiztonságot rontja és az out-of-pocket utazási költségeket növeli, hanem alapjaiban ássa alá a Bismarck-féle egészségügyi modell legfőbb dogmáját, a horizontális méltányosságot és az „egyenlő szükségletért egyenlő ellátást” elvét. A szimuláció végső következtetése, hogy a területi feszültségek felszámolása kizárólag a kapacitások valós, ipari- és demográfiai szükségleteken alapuló, adatlapú újraosztásával lehetséges.

## VI.2. A kutatás és a szimulációs modellek limitációi

Bármely mikroszimulációs és Monte Carlo alapú prediktív modell pontosságát alapvetően meghatározzák a betáplált adatok minőségi korlátai, valamint a valós, végtelenül komplex klinikai folyamatok elkerülhetetlen algoritmikus egyszerűsítései. A kutatás eredményeinek interpretálása során az alábbi adatbázis-szintű, klinikai, valamint logisztikai limitációkat szükséges figyelembe venni.

### **Klinikai és betegszintű változók (Komorbiditások és egészségtudatosság)**

A szimulációs modell az incidenciát és a reoperációs kockázatot elsősorban az életkor, a nem és az ipari foglalkoztatottság (fizikai rizikó) alapján súlyozta. Ugyanakkor a modell nem tartalmazta az egyéni szintű társbetegségeket (komorbiditásokat), mint például az elhízás (BMI index), a diabetes mellitus, vagy a dohányzási szokások. Ezek a tényezők a szakirodalom alapján szignifikánsan befolyásolják a sebgyógyulási hajlamot és a sérv kiújulásának esélyét (Ruhl és Everhart, 2007; HerniaSurge Group, 2018). Továbbá a modell nem tudta számszerűsíteni a lakosság egészségtudatosságának regionális és szociokulturális eltéréseit. Az egészségtudatosabb betegek hamarabb fordulnak orvoshoz elektív (tervezett) panaszokkal, míg az alacsonyabb egészségértéssel (egészségműveltséggel) rendelkező csoportoknál gyakoribb a késői, sürgősségi (inkarcerált) stádiumban történő felismerés, amely eltérő betegutat és költségeket generál (Bíró et al., 2022).

### **A NEAK finanszírozási adatok anomáliái (Esetszám vs. Valós reoperáció)**

A modell a NEAK finanszírozási adathalmazaira támaszkodott, amelynek inerens korlátja, hogy nem egyéni betegeket (taj-szám alapú longitudinális betegutakat), hanem finanszírozási "eseteket" tart nyilván. Bár a modell a svéd sérvregiszter alapján (Nilsson et al., 2007) alkalmazott egy 2,5%-os korrekciós rátát, az adminisztratív adatokból továbbra sem lehet tökéletes biztonsággal megállapítani egy éven belüli ismételt műtét esetén, hogy az valódi klinikai reoperáció (kiújulás/szövődmény) volt-e, vagy a betegeknél kétoldali (bilateralis) lágyéksérve volt, amelyet két külön ülésben (staged repair) operáltak meg. Ez a jelenség a finanszírozási reoperációs ráták enyhe túlbecsléséhez vezethet. Szintén nem szerepelnek a modell explicit költségelemei között a műtétet követő járóbeteg-szakellátási (ambuláns kontroll, varratszedés) időtartamok és költségek, amelyek technológiánként (nyitott vs. laparoszko-pos) eltérő terhet rónak a rendszerre.

### **Sebészi preferencia, tanulási görbe és technológiai konverzió**

A modell a műtéti technikákat (nyílt vs. laparoszko-pos) sztochasztikus valószínűségeken mentén sorsolta. A valóságban azonban a műtéti típus megválasztása erősen függ a rendelkezésre álló orvostechnológiai infrastruktúrától (pl. laparoszko-pos tornyok kapacitása), valamint az adott intézményben dolgozó operatőrök sebészi preferenciájától és "tanulási görbéjétől" (learning curve) (Simons et al., 2009; HerniaSurge Group, 2018). A szimuláció nem tudta leképezni az intraoperatív konverzió jelenségét sem: bizonyos esetekben a laparoszko-posan indított műtétet kiterjedt anatómiai nehézségek vagy vérzés miatt nyílt műtétté kell konvertálni. Sürgősségi beavatkozásoknál (kizáródott sérv) ráadásul a laparoszko-pia gyakran kontraindikált, így ezek a betegek eleve a nyílt eljárások (pl. szöveti feszüléssel járó technikák) felé konvergálnak. Emellett a szimuláció nem számolt az iatrogén (orvosi beavatkozás okozta) szövődményekkel, például amikor egy túlfeszített nyílt lágyéksérve-műtét a biomechanikai erővonalak megváltozása miatt később combsérvet (hernia femoralis) provokál (Fitzgibbons és Forse, 2015; HerniaSurge Group, 2018).

Emberi erőforrás (HR) krízis és az aneszteziológus-, illetve szakápoló-hiány

A kutatás egyik legjelentősebb logisztikai limitációja, hogy a modell az intézményi kapacitásokat tisztán a TVK (finanszírozási) korlátok és a betegforgalmi adatok alapján határozta meg, de nem tartalmazott explicit emberi erőforrás (HR) változókat. Ennek megfelelően markánsan le kell szögezni, hogy a Tranzíciós Útiterv csúcspontján (a 4–6. években) felvázolt évi **32 000 – 36 000 műtétes csúskapacitás egy tisztán finanszírozási és logisztikai teoretikus optimum.**

A modell algoritmusa azt feltételezte, hogy a szükséges pénzügyi források (maximum 11,65 milliárd forint) biztosításával a beavatkozások akadálytalanul elvégezhetőek, a valóságban azonban nem számolt a jelenlegi magyarországi súlyos egészségügyi munkaerőhiánnyal. A hazai ellátórendszerben a szűk keresztmetszetet ma már sok esetben nem a fizikai műtőasztalok száma vagy a NEAK-kvóta jelenti, hanem a krónikus **aneszteziológus- és intenzív terápiás orvoshiány, valamint a műtős szakasszisztensek és ápolók kritikus hiánya** (Gaál et al., 2011; GKI, 2024). Bár az elmúlt évek orvosi béremelései lassították az orvosok elvándorlását, az aszimmetrikus szakdolgozói fizetésrendezés, a műszakpótlékok anomáliái és az ápolók fizikai-mentális kimerültsége miatt a pályaelhagyás továbbra is gátolja a meglévő műtői kapacitások maximális kihasználását (GKI, 2022; GKI, 2024). Emiatt a szimulált évi 36 ezres extrém esetszám a gyakorlatban csak azonnali, drasztikus humán erőforrás-válságkezeléssel, vagy az ellátórendszeren belüli radikális munkaerő-átcsoportosítással lenne fizikailag kivitelezhető.

Továbbá a modell a HBCS súlyszámokon keresztül aggregáltan kezelte a költségeket, de nem differenciálta a műtéti idő (OR time) pontos személyzeti költségeit. A laparoszkópos eljárás bár eszközigényesebb, gyakran rövidebb műtéti időt és lényegesen kevesebb posztoperatív ápolói, valamint rehabilitációs órát igényel, mint egy kiterjedt anatómiai preparálást igénylő nyílt műtét. Bár ezek a rejtett HR-megtakarítások a technológiai váltás során részben enyhíthetők a rendszerre nehezedő nyomást, önmagukban nem oldják meg a műtők fizikai leterheltségéből fakadó aneszteziológiai korlátokat.

### **Logisztikai anomáliák: A TEK rigiditása és a szezonális térbeli torzítások**

A szimuláció térinformatikai motorja az NNGYK Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) hálózatára és az euklideszi távolságokra épült. A valóságban a betegutak ennél jóval rugalmasabbak. A betegek egy része tudatosan nem a saját TEK intézményét veszi igénybe, hanem az orvosválasztás szabadságával élve (vagy a magánellátásból az államba visszacsatornázva) más régiókban keres ellátást. Külön logisztikai limitációt jelentenek a szezonális térbeli anomáliák. A nyári hónapokban a turisztikai régiókban (pl. a Balaton vonzáskörzetében) az akut, sürgősségi ellátást igénylő (kizáródott) sérvesetek felülírják a normál TEK határokat, extrém, nem tervezhető terhelést róva az adott régió kórházaira. Végül a modell nem alkalmazott "Case-Mix Index" (esetsúlyossági) korrekciót az egyetemi klinikák és a megyei centrumkórházak esetében. Ezen harmadlagos progresszivitási szintű (tertiary care) intézmények jellemzően a legkomplexebb, legtöbb szövődménnyel járó és legdrágább betegeket látják el (pl. többszörösen kiújult, hatalmas hegsérvek), ami a modell átlagos HBCS

sorsolásaihoz képest ezekben az intézményekben a valóságban magasabb költség- és időigényt generál.

### **A szintetikus minta statisztikai függetlensége**

A Monte Carlo szimulációhoz generált szintetikus betegek a Poisson-sorsolás során statisztikailag független eseményként jöttek létre. A klinikai valóságban azonban a sérvbetegségek esetén megfigyelhető bizonyos fokú genetikai és familiáris halmozódás (kötőszöveti gyengeség öröklődése), valamint regionális klasztereződés (pl. egy adott ipari üzem vonzáskörzetében egyszerre jelentkező esethalmozódás). A függetlenség feltételezése a makroszintű kapacitástervezést nem befolyásolja érdemben, mikroszinten (egy-egy kis járás esetében) azonban kisebb torzítást okozhat.

### **Az optimalizált jövőkép realitáskontrollja**

Tudományos szempontból elengedhetetlen hangsúlyozni, hogy a bemutatott What-If analízisek és a Tranzíciós Útiterv teljesen optimális, teoretikus (utópisztikus) határértékeket (benchmarkot) vázolnak fel. A laparoszkópos eljárások 75%-os részarányba történő kényszerítése nem minden beteg esetében indokolt vagy egyáltalán kivitelezhető. Kiterjedt hasúri összenövések, korábbi többszörös abdominális műtétek, súlyos kardiovaszkuláris kontraindikációk az altatással szemben, vagy egy akut, előrehaladott stádiumú inkarcerált (kizáródott) sérv esetében a minimálisan invazív technika szakmailag ellenjavallt lehet (Fitzgibbons és Forse, 2015; HerniaSurge Group, 2018).

Emellett az idősebb sebészgenerációtól nem elvárható, hogy egy adminisztratív tollvonás hatására tömegesen tanuljanak bele egy merőben más finommotorikát és térlátást igénylő technológiába. A laparoszkópiás sebészet tanulási görbéje (learning curve) meredek: a szakirodalom szerint több tucat (jellemzően 50-100), mentorált körülmények között végzett beavatkozásra van szükség a megfelelő biztonság és az alacsony reoperációs ráta eléréséhez (Neumayer et al., 2005; Simons et al., 2009; HerniaSurge Group, 2018). Ebből kifolyólag a bemutatott optimalizált modell egy elméleti iránytű, amely kiválóan illusztrálja a modernizáció adatalapú, makrogazdasági hasznát a generációváltással és gépbeszerzésekkel egybekötött reformok során.

### **A „Fókuszált Gyárak” (Focused Factory) koncepciójának mellőzése és a TEK-rendszer megtartása.**

A kutatás optimalizációs modelljének egyik legjelentősebb strukturális limitációja, hogy nem számol az ellátórendszer teljes, “profilalapú” átszervezésével. A nemzetközi

egészséggazdaságtani szakirodalom és az Európai Sérvtársaság (EHS) irányelvei egyértelműen a „Fókuszált Gyár” (Focused Factory) modell alkalmazását javasolják az ilyen típusú, „alacsony komplexitású, magas volumenű” beavatkozások esetén (Skinner, 1974; HerniaSurge Group, 2018). Ennek a koncepciónak az alapja a kizárólag sérvműtétekre specializálódott, dedikált ellátó központok (hernia centerek) létrehozása, amelyek a műtők és ágyak koncentrálásával, valamint az állandó, összeszokott sebészi csapatok alkalmazásával minimalizálják a betanulási időt és maximalizálják az időgazdaságosságot.

A jelen kutatás 10 éves Tranzíciós Útiterve és makrogazdasági optimalizációja azonban a magyar egészségügyi realitásokhoz, valamint a fennálló jogszabályi és területi politikai keretekhez igazodva részben a meglévő Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) hálózatának és az általános sebészeti osztályok jelenlegi, széttagolt struktúrájának a megtartását/átszervezését feltételezte. Bár a szimuláció a kapacitásokat a valós regionális szükségletekhez igazította, a TEK-rendszer alapjainak megtartása miatt a modell nem tudta érvényesíteni azokat a potenciális, drasztikus szinergikus és méretgazdaságossági előnyöket, amelyeket egy tisztán "Fókuszált Gyárra" épülő, központosított ellátóhálózat jelenthetett volna a várakozási idők és a reoperációs ráták további, még radikálisabb csökkentésében.

### **Az explicit QALY/DALY mérések hiánya és a proxy minőségi indikátorok alkalmazása**

A dolgozat elméleti keretrendszerében (II.6. fejezet) részletesen bemutatásra kerültek az egészséggazdaságtani elemzések – különösen a költséghatékonysági vizsgálatok – aranystandardjának tekintett QALY (Minőséggel Korrigált Életév) és DALY (Egészségkárosodással Korrigált Életév) mérőszámok, valamint ezek makrogazdasági jelentősége (Drummond et al., 2015). A kutatás és a szimulációs outputok egyik módszertani limitációja azonban, hogy a modell a gyakorlatban nem számolt explicit, számszerűsített QALY-nyereséget, QALY-veszteséget vagy hagyományos Inkrementális Költséghatékonysági Rátát (ICER).

Bár a nemzetközi egészséggazdaságtani elemzések alapkövetelménye a QALY/DALY mérés, egy hiteles QALY-számításhoz elengedhetetlen lenne a betegek egyéni, beavatkozás előtti és utáni életminőségének mérése validált, standardizált kérdőívekkel (például EQ-5D). A jelenlegi, *in silico* szintetikus adatokra és aggregált finanszírozási paraméterekre épülő makrogazdasági szimuláció keretein belül – az egyéni betegszintű életminőség-kérdőívek hiányában – ez a közvetlen mérés nem volt kivitelezhető. Ennek megfelelően a kutatás a várólisták okozta életminőség-romlás és a társadalmi teher direkt mérése helyett objektív, számszerűsíthető *proxy* (helyettesítő) mutatókat alkalmazott. A szimulációs modell az extrém

várakozási időt, a kiújulásokból fakadó reoperációs rátát, valamint a technológiai elmaradottságból eredő felesleges kórházi ápolási napokat (Length of Stay) használta a minőségveszteség és a betegeket érő teher legfőbb indikátoraként.

## VII. További optimalizálási lehetőségek és jövőbeli kutatási irányok

A jelen kutatásban felépített Monte Carlo mikroszimulációs modell és a ráépülő 10 éves tranzíciós útiterv bizonyította a sztochasztikus modellezés fölényét a hagyományos, determinisztikus kapacitástervezéssel szemben. Ugyanakkor a modell rugalmas, moduláris architektúrája számos lehetőséget kínál a további finomításra és kiterjesztésre. Az alábbiakban azokat a jövőbeli kutatási irányokat és makrogazdasági optimalizációs lehetőségeket vázolom fel, amelyek a döntéstámogató rendszer precizitását a következő szintre emelhetik.

### **A magánegészségügyi szektor integrálása a modellbe (Bypass-hatás)**

A jelenlegi szimuláció a magyar egészségügyi rendszert egy zárt, tisztán államilag (NEAK által) finanszírozott ökoszisztémaként modellezte. A valóságban azonban a 2-3 éves várakozási idők és a rendszer alulfinanszírozottsága egy egyre növekvő "bypass" (elkerülő) hatást generál: a fizetőképes betegek elhagyják az állami rendszert, és a magánellátás (out-of-pocket vagy magánbiztosítói finanszírozás) felé orientálódnak (García-Corchero és Jiménez-Rubio, 2022; GKI, 2022; GKI, 2024).

Egy jövőbeli kutatás kiemelt célja lehet egy Kétszintű (Dual-Tier) Szimulációs Modell felépítése. Ebben a modellben a szintetikus betegek egy "árrugalmassági és jövedelmi" paramétert is kapnának (a KSH járási jövedelmi adatai alapján). A szimuláció algoritmizálhatná azt a döntési fát, amelyben egy beteg – miután szembesül a 2,5 éves állami várólistával – hajlandó-e kifizetni a magánellátás piaci árát (amely egy laparoszkópos lágyéksérvműtét esetén jelenleg 600.000 – 1.000.000 Ft között mozog). Ezen adatok integrálása megmutatná, hogy a magánszektor valójában mekkora rejtett terhet vesz le az állami rendszerről, és hogyan torzítja a hozzáférés esélyegyenlőségét a társadalmi osztályok között (health equity gap).

### **Mesterséges Intelligencia és Gépi Tanulás (Machine Learning) bevonása a paraméterezésbe**

Bár a Monte Carlo szimuláció kiválóan kezeli a véletlenszerűséget, a bemeneti eloszlások (pl. a Poisson-ráták vagy a reoperációs valószínűségek) statikus történelmi adatokra épültek. A modell optimalizálásának következő lépcsőfoka egy prediktív Gépi Tanulási (Machine

Learning - ML) réteg integrálása lehetne a szimulációs motorba (Waseem et al., 2023; Jordon et al., 2022).

Egy betanított neurális hálózat képes lenne a kórházi HIS (Hospital Information System) adatokból valós időben, dinamikusan frissíteni a szimuláció paramétereit. Például a betegérkezések intenzitását  $\lambda$  nem csupán az életkorhoz és a nemhez kötné, hanem figyelembe venné a szezonalitást, akár a régiós időjárási frontokat, vagy az aktuális foglalkoztatási rátákat, például a mezőgazdaság szektorában. Továbbá az ML algoritmus a reoperációs kockázatot egyéni szintre tudná finomítani (Personalized Risk Score), beépítve a testtömeg-indexet (BMI), a dohányzást és a társbetegségeket a sorsolási logikába.

### **Dinamikus finanszírozási modellek tesztelése (Value-Based Healthcare)**

A dolgozatban bemutatott megoldások (pl. a laparoszkópia arányának 75%-ra növelése) jelentős állami többletberuházást igényeltek. A jövőbeli kutatásoknak vizsgálnia kell a jelenlegi, statikus bázisfinanszírozást leváltó innovatív finanszírozási modellek szimulációját.

Érdemes lenne lefuttatni egy olyan scenáriót, amely az Értékalapú Egészségügy (Value-Based Healthcare - VBHC) elvein alapuló "Bundled Payment" (kötegelt finanszírozás) rendszert alkalmazza (Porter, 2010). Ebben a szimulációban az állam nem a műtét tényét (a HBCS-t) fizetné ki, hanem egy teljes ellátási epizódot finanszírozna, mondjuk 1 éves garanciával. Ha a betegnél ezen az 1 éven belül kiújulás (reoperáció) történik, annak költségét a kórháznak a saját kockázatára kellene viselnie. Egy ilyen szimuláció megmutatná, hogyan változik meg azonnal a kórházmenedzsmentek viselkedése, és hogyan szorulnának ki természetes úton a legmagasabb kiújulási rátájú (háló nélküli) technikák a rendszerből anélkül, hogy azt a minisztérium központilag előírná.

## Teljeskörű Egészséggazdaságtani Értékelés (Cost-Effectiveness Analysis - CEA)

A jelenlegi kutatás a direkt egészségügyi finanszírozói (NEAK) költségekre és az ápolási napokra fókuszált. A kutatás egyenes folytatása lehet egy teljeskörű Költséghatékonysági Elemzés (Cost-Effectiveness Analysis) elvégzése, amely kiszámítja az Inkrementális Költséghatékonysági Rátát (ICER) (11. egyenlet).

$$ICER = \frac{Költség_B - Költség_A}{Hatás_B - Hatás_A}$$

*11. egyenlet: Inkrementális költséghatékonysági Ráta (ICER) képlete*

Ennek során a szimulációs outputokat (a várólistán töltött éveket és a megelőzött reoperációkat) QALY (Minőséggel Korrigált Életév) nyereségre konvertálnánk, majd ezt elosztanánk a 10 éves tranzíciós terv inkrementális költségével (a 92,95 milliárd és a Status Quo 42 milliárdos költsége közötti különbséggel). Amennyiben a kapott ICER érték a magyar társadalom fizetési hajlandósági küszöbértéke (Willingness-to-Pay threshold) alá esne – amely hazánkban hagyományosan a bruttó hazai termék (GDP) per fő értékének 2-3-szorosa –, a szimuláció a gyakorlatban is bizonyítaná a drágább laparoszkópos modell makrogazdasági költséghatékonyságát. Ez a lehetséges jövőbeli értékelési módszertan tökéletesen illeszkedne a Kanavos és munkatársai (2011) által is leírt, küszöbértékeken alapuló egészséggazdaságtani elemzések (Cost-Effectiveness Analysis) nemzetközi sztenderdjeibe.

## VIII. Összefoglalás

A 21. század egészségügyi rendszereit példátlan demográfiai, technológiai és finanszírozási nyomás terheli. Jelen kutatás célja az volt, hogy a magyarországi sérvellátás – mint a leggyakoribb általános sebészeti beavatkozás – példáján keresztül rávilágítson a hazai kapacitástervezés és finanszírozás rendszerszintű anomáliáira, és egy adatvezérelt, alternatív megoldást kínáljon a döntéshozók számára.

A kutatás kiindulópontja az átlagok hibájának kritikája volt. Bebizonyosodott, hogy a statikus lakossági átlagokra és merev Teljesítményvolumen-korlátokra (TVK) épülő determinisztikus tervezés elrejti az egészségügyi rendszerekben rejlő biológiai és demográfiai bizonytalanságokat. A problémára adott módszertani válaszként egy komplex, sztochasztikus Monte Carlo mikroszimulációs modellt, amely a 2022-es bázisadatokból kiindulva 1,4 - 2,1 millió szintetikus betegút iteratív rögzítésével vizsgálta a rendszer teherbíró képességét.

A diagnosztikus szimulációk rávilágítottak a jelenlegi (Status Quo) rendszer fenntarthatatlanságára. Az évi mintegy 20 000 műtétben maximalizált állami finanszírozás és az elavult, de rövid távon olcsóbb (háló nélküli nyitott) műtéti eljárások preferálása együttesen a várólisták exponenciális duzzadását eredményezték. A betegek jelentős része 2,5 – 5 éves várakozásra kényszerült, ami az aktív korosztály munkaerőpiaci kiesésén keresztül masszív rejtett károkat (GDP-veszteséget és QALY-romlást) okoz a nemzetgazdaságnak. Emellett a szigorú és rugalmatlan Területi Ellátási Kötelezettség (TEK) miatt bizonyos régiókban (pl. Budapesten és a Dél-Alföldön) az egészségügyi elvándorlás meghaladta az 55%-ot, amely dominószzerűen terhelte túl a másodlagos ellátóhelyeket.

A probléma pusztá feltárásán túl a kutatás egy preskriptív (előíró) megoldási javaslatot is kidolgozott. A "Költségminimalizáló szélsőérték" scenárió bebizonyította Kissick vasháromszögének tételét: az olcsóbb technológiák erőltetése hosszú távon drasztikus minőségromláshoz (évi több ezer reoperációhoz) és az ápolási napok felrobbanásához vezet.

Erre reflektálva alkottam meg a 10 éves Finanszírozási Tranzíciós Modellt, amely három fázisban tervezte újra a hazai ellátást. A modell megmutatta, hogy a várólistákat egy felhalmozódott "egészségügyi hitelként" kell kezelni. A hitel letörlesztéséhez egy 4-6 éven át tartó átmeneti kapacitás-injekcióra (évi 32 000 - 36 000 műtetre), és a fejlesztési források legkritikusabb régiókba történő fókuszálására van szükség – még ha ez átmenetileg sérti is a Bismarck-féle egyenlő hozzáférés elvét. A terv legfontosabb eleme a laparoszkópos műtétek arányának fokozatos (tanulási görbét követő) 75%-ra emelése volt.

A tranzíciós tervet egy újabb sztochasztikus Monte Carlo stressztesztnek vettem alá, amely igazolta annak makrogazdasági válságállóságát. Még a legrosszabb demográfiai forgatókönyv és sztochasztikus zajok mellett is, az átmeneti modell a 10. évre sikeresen 1,3 év alá szorította az átlagos várakozást, stabil 2 éves várakozási plafont garantált, és drasztikusan lecsökkentette az ismételt műtétek számát. A program mintegy 92,95 milliárd forintos kumulált állami költsége kiszámítható, a konfidenciaintervallumok alapján stabil befektetésnek bizonyult. A technológiai váltás időgazdaságossága – amely évi 10 000 kórházi ápolási napot szabadított fel – bebizonyította, hogy a modernizáció valójában önfinanszírozó folyamat.

Összegezve: a kutatás rávilágít, hogy a magyarországi egészségügyi kapacitástervezésben a "Költséghatékonyság" fogalmát újra kell definiálni. Példákon látható, hogy a legolcsóbb beavatkozás hosszú távon sokszor a legdrágábbá válik. Az adatalapú, sztochasztikus kockázatokat menedzselő Értékalapú Egészségügy (VBHC) az egyetlen út ahhoz, hogy a véges erőforrások mellett is biztosítható legyen a magas minőségű és fenntartható betegellátás.

## IX. Irodalomjegyzék

### Szakirodalom (Könyvek, folyóiratcikkek, tanulmányok):

Abebe, M. S., Tareke, A. A., Alem, A., Debebe, W., & Beyene, A. (2022). Worldwide magnitude of inguinal hernia: Systematic review and meta-analysis of population-based studies. *SAGE Open Medicine*, 10. <https://doi.org/10.1177/20503121221139150>

Arrow, K. J. (1963). Uncertainty and the welfare economics of medical care. *The American Economic Review*, 53(5), 941–973. PMID: 15042238

Baek, H., Cho, M., Kim, S., Hwang, H., Song, M., & Yoo, S. (2018). Analysis of length of hospital stay using electronic health records: A statistical and data mining approach. *PLoS ONE*, 13(4), e0195901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195901>

Bálint, L., & Kovács, K. (2021). Halandóság. In J. Monostori, P. Óri, & Zs. Spéder (szerk.), *Demográfiai portré 2021 – Jelentés a magyar népesség helyzetéről* (pp. 183–210). KSH Népeségtudományi Kutatóintézet.

Barton, P., Bryan, S., & Robinson, S. (2004). Modelling in the economic evaluation of health care: selecting the appropriate approach. *Journal of Health Services Research & Policy*, 9(2), 110–118. <https://doi.org/10.1258/135581904322987535>

Beauvais, B., Kruse, C. S., Fulton, L., Brooks, M., Mileski, M., Lee, K., Ramamonjariavelo, Z., & Shanmugam, R. (2021). Testing Kissick's Iron Triangle-Structural Equation Modeling Analysis of a Practical Theory. *Healthcare*, 9(12), 1753. <https://doi.org/10.3390/healthcare9121753>

Bíró, É., Vincze, F., Nagy-Pénzes, G., & Ádány, R. (2022). A magyar lakosság koronavírus-specifikus egészségműveltsége. *Népegészségügy*, 99(1), 53–63.

Boncz, I. (szerk.). (2011). *Egészségügyi finanszírozási, menedzsment és minőségbiztosítási alapismeretek*. Medicina Könyvkiadó.

Boros, J., Gábrriel, D., & Monostori, J. (2021). Idősödés. In J. Monostori, P. Óri, & Zs. Spéder (szerk.), *Demográfiai portré 2021 – Jelentés a magyar népesség helyzetéről* (pp. 163–182). KSH Népeségtudományi Kutatóintézet.

Briggs, A., Claxton, K., & Sculpher, M. (2006). *Decision modelling for health economic evaluation*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1136/jech.2007.059576>

Burcharth, J., Pedersen, M., Bisgaard, T., Pedersen, C., & Rosenberg, J. (2013). Nationwide prevalence of groin hernia repair. *PLoS One*, 8(1), e54367. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054367>

Caro, J. J., Briggs, A. H., Siebert, U., & Kuntz, K. M. (2012). Modeling good research practices—overview: a report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force—1. *Value in Health*, 15(6), 796–803. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2012.06.012>

COVIDSurg Collaborative. (2020). Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: global predictive modelling to inform surgical recovery plans. *British Journal of Surgery*, 107(11), 1440-1449. <https://doi.org/10.1002/bjs.11746>

Cromley, E. K., & McLafferty, S. L. (2011). *GIS and Public Health* (2. kiadás). Guilford Press. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.93128>

Csurgó, B., & Kovách, I. (szerk.). (2023). *A Covid-19-járvány a falvakban és a városokban*. HUN-REN Társadalomtudományi Kutatóközpont.

Donabedian, A. (1988). The quality of care: How can it be assessed? *JAMA*, 260(12), 1743-1748. <https://doi.org/10.1001/jama.1988.03410120089033>

Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the economic evaluation of health care programmes* (4. kiadás). Oxford University Press.

El Emam, K., Jonker, E., Arbuckle, L., & Malin, B. (2011). A Systematic Review of Re-Identification Attacks on Health Data. *PLoS ONE*, 6(12), e28071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028071>

Fitzgibbons, R. J., & Forse, R. A. (2015). Clinical practice. Groin hernias in adults. *New England Journal of Medicine*, 372(8), 756-763. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1404068>

Gaál, P., Szigeti, S., Csere, M., Gaskins, M., & Panteli, D. (2011). Hungary health system review. *Health Systems in Transition*, 13(5), 1-266. PMID: 22394651

Gaál, P., Velkey, Z., Szerencses, V., & Webb, E. (2021). The 2020 reform of the employment status of Hungarian health workers: Will it eliminate informal payments and separate the public and private sectors from each other? *Health Policy*, 125(7), 833-840. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2021.04.014>.

Gallivan, S., Utley, M., Treasure, T., & Valencia, O. (2002). Booked inpatient admissions and hospital capacity: mathematical modelling study. *BMJ*, 324(7332), 280-282. <https://doi.org/10.1136/bmj.324.7332.280>.

García-Corcheró, J. D., & Jiménez-Rubio, D. (2022). Waiting times in healthcare: equal treatment for equal need? *International Journal for Equity in Health*, 21(1), 184. <https://doi.org/10.1186/s12939-022-01799-x>

GKI Gazdaságkutató Zrt. (2022). *A költségvetési fenntarthatóság és az egészségügy finanszírozásának átalakítása, tekintettel az állami-nem állami szolgáltatások arányának elmozdulására, a magánbiztosítás megjelenésére*. Budapest: GKI.

GKI Gazdaságkutató Zrt. (2024). *Az államháztartás fenntarthatósága és az egészségügy összefüggései*. Budapest: GKI.

Green, L. V. (2002). How many hospital beds? *Inquiry*, 39(4), 400-412. <https://doi.org/10.5034/inquiryjml.39.4.400>

Grosfeld, J. L., O'Neill, J. A., Fonkalsrud, E. W., & Coran, A. G. (2006). *Pediatric Surgery* (6. kiadás). Mosby Elsevier. <https://doi.org/10.1016/J.JSS.2008.05.019>

HerniaSurge Group. (2018). International guidelines for groin hernia management. *Hernia*, 22(1), 1-165. <https://doi.org/10.1007/s10029-017-1668-x>

Hulshof, C. T. J., van Dijk, F. J. H., & Sluiter, J. K. (2020). The effect of occupational mechanical exposures on risk of lateral and medial inguinal hernia. *Occupational and Environmental Medicine*, 77(1), 44-50. doi: 10.1136/oemed-2012-100787. Epub 2012 Aug 30. PMID: 22935954.

Jordon, J., Yoon, J., & van der Schaar, M. (2022). Synthetic Data for Healthcare: A Review. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 15, 1–1. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11440-2>

Kanavos, P., Vadoros, S., Irwin, R., Nicod, E., & Casson, M. (2011). *A gyógyszerek költségeinek és hozzáférhetőségének különbségei az EU-ban*. Európai Parlament, Belső Politikák Főigazgatósága.

Kingsnorth, A., & LeBlanc, K. (2003). Hernias: inguinal and incisional. *Lancet*, 362(9395), 1561-1571. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)14746-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)14746-0)

Kissick, W. L. (1994). *Medicine's dilemmas: Infinite needs versus finite resources*. Yale University Press.

Kroneman, M., & Nagy, J. (2001). Introducing DRG-based financing in Hungary: a study into the relationship between supply of hospital beds and use of these beds under changing institutional circumstances. *Health Policy*, 55(1), 19-36. [https://doi.org/10.1016/s0168-8510\(00\)00118-4](https://doi.org/10.1016/s0168-8510(00)00118-4).

McCormack, K., Scott, N. W., Go, P. M., Ross, S., & Grant, A. M. (2003). Laparoscopic techniques versus open techniques for inguinal hernia repair. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2003(1), CD001785. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001785>

Mitchell, G. W. (2014). The silver tsunami. *Physician Executive*, 40(4), 34.

Neumayer, L., Gawande, A., Wang, J., et al. (2005). Proficiency of surgeons in inguinal hernia repair: effect of experience and age. *Annals of Surgery*, 242(3), 344–348. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000179644.02187.ea>

Nilsson, H., Stylianidis, G., Haapamäki, M., Nilsson, E., & Nordin, P. (2007). Mortality after groin hernia surgery. *Annals of Surgery*, 245(4), 656-660. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000251364.32698.4b>

Obádovics, Cs., & Tóth, G. Cs. (2021). A népesség szerkezete és jövője. In J. Monostori, P. Őri, & Zs. Spéder (szerk.), *Demográfiai portré 2021 – Jelentés a magyar népesség helyzetéről* (pp. 251-276). KSH Népeségtudományi Kutatóintézet.

Pawlak, M., East, B., & de Beaux, A. C. (2021). Algorithm for management of an incarcerated inguinal hernia in the emergency settings with manual reduction. *Taxis*, the

technique and its safety. *Hernia*, 25(5), 1253-1258. <https://doi.org/10.1007/s10029-021-02429-1>

Porter, M. E. (2010). What is value in health care? *New England Journal of Medicine*, 363(26), 2477-2481. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1011024>

Ruhl, C. E., & Everhart, J. E. (2007). Risk factors for inguinal hernia among adults in the US population. *American Journal of Epidemiology*, 165(10), 1154-1161. <https://doi.org/10.1093/aje/kwm011>

Rutkow, I. M. (2003). Demographic and socioeconomic aspects of hernia repair in the United States in 2003. *Surgical Clinics of North America*, 83(5), 1045-1051. [https://doi.org/10.1016/S0039-6109\(03\)00132-4](https://doi.org/10.1016/S0039-6109(03)00132-4).

Savage, S. L. (2009). *The Flaw of Averages: Why We Underestimate Risk in the Face of Uncertainty*. John Wiley & Sons.

Siciliani, L., Moran, V., & Borowitz, M. (2014). Measuring and comparing health care waiting times in OECD countries. *Health Policy*, 118(3), 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2014.08.011>

Siebert, U., Alagoz, O., Bayoumi, A. M., et al. (2012). State-Transition Modeling: A Report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force-3. *Value in Health*, 15(6), 812-820. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2012.06.014>

Simons, M. P., Aufenacker, T., Bay-Nielsen, M. et al. (2009). European Hernia Society guidelines on the treatment of inguinal hernia in adult patients. *Hernia*, 13(4), 343-403. <https://doi.org/10.1007/s10029-009-0529-7>

Sweeney, L. (2002). k-Anonymity: A Model for Protecting Privacy. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 10(5), 557-570. <https://doi.org/10.1142/s0218488502001648>

Townsend, C. M., Beauchamp, R. D., Evers, B. M., & Mattox, K. L. (2016). *Sabiston textbook of surgery: the biological basis of modern surgical practice* (20. kiadás). Elsevier.

Tulchinsky, T. H. (2018). Bismarck and the Long Road to Universal Health Coverage. *Case Studies in Public Health*, 131–179. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804571-8.00031-7>.

Uzzoli, A. (2022). *Helyek, terek, régiók a COVID-19-világjárvány árnyékában – egészségföldrajzi szemelvények* (Vol. 75). CSFK Földrajztudományi Intézet.

Vad, M. V., Frost, P., Bay-Nielsen, M., & Svendsen, S. W. (2012). Impact of occupational mechanical exposures on risk of lateral and medial inguinal hernia requiring surgical repair. *Occupational and Environmental Medicine*, 69(11), 802-809 <https://doi.org/10.1136/oemed-2012-100787>.

Waseem, H. M., Ul Islam, S., Matragkas, N., Epiphaniou, G., Maple, C., & Arvanitis, T. N. (2023). Review of generative AI for synthetic data generation: a healthcare perspective. *Artificial Intelligence Review*, 58(2). <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11440-2>

Zamakhshary, M., To, T., Guan, J., & Langer, J. C. (2008). Risk of incarceration of inguinal hernia among infants and young children awaiting elective surgery. *CMAJ*, 179(10), 1001-1005. <https://doi.org/10.1503/cmaj.070923>.

### **Adatbázisok, Jelentések és Jogszabályok:**

2020. évi C. törvény az egészségügyi szolgálati jogviszonyról. (elérhető: <https://njt.hu/jogszabaly/2020-100-00-00>, utolsó látogatás 2026.04.02 12:36)

Eurostat. (2022). Surgical operations and procedures performed in hospitals by ICD-9-CM. (elérhető: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/HLTH\\_CO\\_PROC3\\_custom\\_7454550/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/HLTH_CO_PROC3_custom_7454550/default/table?lang=en), utolsó látogatás 2026.04.02 12:36)

Központi Statisztikai Hivatal (KSH). (2022). Népszámlálási és foglalkoztatási adatok.

Központi Statisztikai Hivatal (KSH). (2023). Népszámlálás 2022 – Végleges adatok. Budapest.

Központi Statisztikai Hivatal (KSH). (2024). 1.2.1.6. Fogyasztóiár-indexek az egyéni fogyasztás rendeltetés szerinti osztályozása (COICOP) alapján.

Központi Statisztikai Hivatal (KSH). (2026) 22.2.1.2. Halálozások száma nemek és korcsoportok szerint, hetente (elérhető: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/nep/hu/nep0065.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/nep/hu/nep0065.html), utolsó látogatás 2026.04.02 13:53)

Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK). (2022a). Évkönyv: Finanszírozott esetszámok szakmánként és HBCS törzsek.

Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK). (2022b). Tájékoztató az egészségügyi szolgáltatók bázisfinanszírozásáról és az éves költségvetési keretek megállapításáról.

Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK). (2022c). HBCS törzs 2022.01.01. (elérhető [https://www.neak.gov.hu/letoltheto/altfin\\_dok/altfin\\_virt\\_dok2/archiv\\_torzsek/hbcs\\_jell](https://www.neak.gov.hu/letoltheto/altfin_dok/altfin_virt_dok2/archiv_torzsek/hbcs_jell), utolsó látogatás 2026.04.02 12:36)

Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK). (2022d). HBCS törzs 2022.10.01. (elérhető [https://www.neak.gov.hu/letoltheto/altfin\\_dok/altfin\\_virt\\_dok2/archiv\\_torzsek/hbcs\\_jell](https://www.neak.gov.hu/letoltheto/altfin_dok/altfin_virt_dok2/archiv_torzsek/hbcs_jell), utolsó látogatás 2026.04.02)

### **Rövidítésjegyzék:**

HBCS	Homogén Betegségcsoportok (a fekvőbeteg-szakellátás finanszírozási egysége)
NEAK	Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
TEK	Területi Ellátási Kötelezettség
TVK	Teljesítményvolumen-korlát
DES	Discrete Event Simulation (Diszkrét Eseményszimuláció)
OECD	Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet
ICD / BNO	International Classification of Diseases / Betegségek Nemzetközi Osztályozása
TAPP	Transabdominal Preperitoneal (laparoszkoós sérvműtéti technika)

TEP	Total Extraperitoneal (laparoszkópos sérvműtéti technika)
SES	Socio-Economic Status (Társadalmi-gazdasági státusz)
DRG	Diagnosis-Related Group (a HBCS nemzetközi megfelelője)
QALY	Quality-Adjusted Life Year (Minőséggel korrigált életév)
DALY	Disability-Adjusted Life Year (Rokkantsággal korrigált életév)
GKI	Gazdaságkutató Zrt.

## Ábrajegyzék

1. ábra: William Kissick (1994) egészséggazdasági modellje. (Saját ábra, 2026).....	13
2. ábra: A hibrid sztochasztikus makroszimuláció állapotátmeneti Markov diagramja (Saját ábra 2026).....	27
3. ábra: A populációsintű incidenciamodell kalibrációs folyamata (Saját ábra, 2026) .....	29
4. ábra: Magyarország népességének életkori eloszlása nemenként 2022 (Saját ábra, 2026; KSH (2023 alapján).....	32
5. ábra: Sérv kialakulásának valószínűsége nemenként és életkoronként (Saját ábra, 2026).....	33
6. ábra: Sérvesek várható életkori eloszlása nemenként 2022-ben (Saját ábra, 2026).....	34
7. ábra: Status Quo scenáriók makrogazdasági költségei és minőségi indikátora (10 év). (Saját szimuláció, 2026).....	39
8. ábra: A rendszerközckázat és a szórás mélyelemzése (Status Quo modell) (Saját szimuláció, 2026).....	40
9. ábra: Várakozási idők korcsoportos megoszlása a Triage-prioritás tükrében (Saját ábra, 2026).....	42
10. ábra: Regionális kapacitás-feszültség és elvándorlási ráták medián értéke (régiós bontásban). (Saját szimuláció, 2026) .....	43
11. ábra: Éves kapacitásbővítési igény intézményenként, és hozzájuk tartozó Területi Ellátási Kötelezettség szerint. (Saját szimuláció, 2026) .....	44
12. ábra: A betelepülés öregedése és a kórházi terhelés alakulása (10 éves sztochasztikus szimuláció eredményei szerint) (Saját szimuláció, 2026).....	45
13. ábra: Determinisztikus Stressz-teszt: A Kissick-vasháromszög összeomlása (Költségminimalizáló szélsőérték vs. Tranzíciós Modell) (Saját ábra, 2026).....	52
14. ábra: 10 Éves Finanszírozási Tranzíciós Útiterve eredményei (Saját szimuláció, 2026)..	56
15. ábra Demográfiai teherbíró képesség a Tranzíciós Modellben (Saját szimuláció, 2026)59	