

# BSc. - KÖZLEKEDÉSTERVEZÉS I.

## Utak tervezése, építése és fenntartása



## ***HDM-4 Bevezetés***

Szerző: Henry Kerali

*Vezető Közlekedési Szakértő*

*Világbank*

dr. Gulyás András ny. egyetemi docens  
Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar



# *A közlekedés és a fejlődés*

- ✿ A közlekedési szektor a gazdasági és társadalmi fejlődés fontos eleme
- ✿ Az utak a közlekedési hálózatok meghatározói
- ✿ Az útgazdálkodásban egyensúlyt kell tartani
  - ✻ a fenntartás(vagy megőrzés)
  - ✻ és a fejlesztés (vagy felújítás) között
- ✿ Az útgazdálkodás céljai:
  - ✻ konzisztens és racionális politikai elgondolások
  - ✻ elegendő és megbízható finanszírozás
  - ✻ hatékony működési eljárások és irányítási eszközök



# *HDM-4 célok*

## **A beruházási változatok közötti választás gazdaságossága**



**Úthálózat-  
tervezési  
előírások**

**Burkolat méretezési  
előírások**



**Vonalvezetés**





# *HDM-4 célok*

## **A közútkezelői és úthasználói költségek minimalálása**

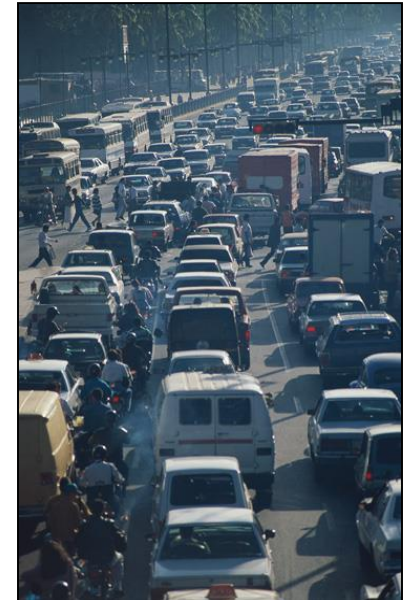


**Nem motorizált közlekedés**

**Szállítási költség**



**Forgalmi torlódás  
Káros anyag kibocsátás  
Eljutási idő**

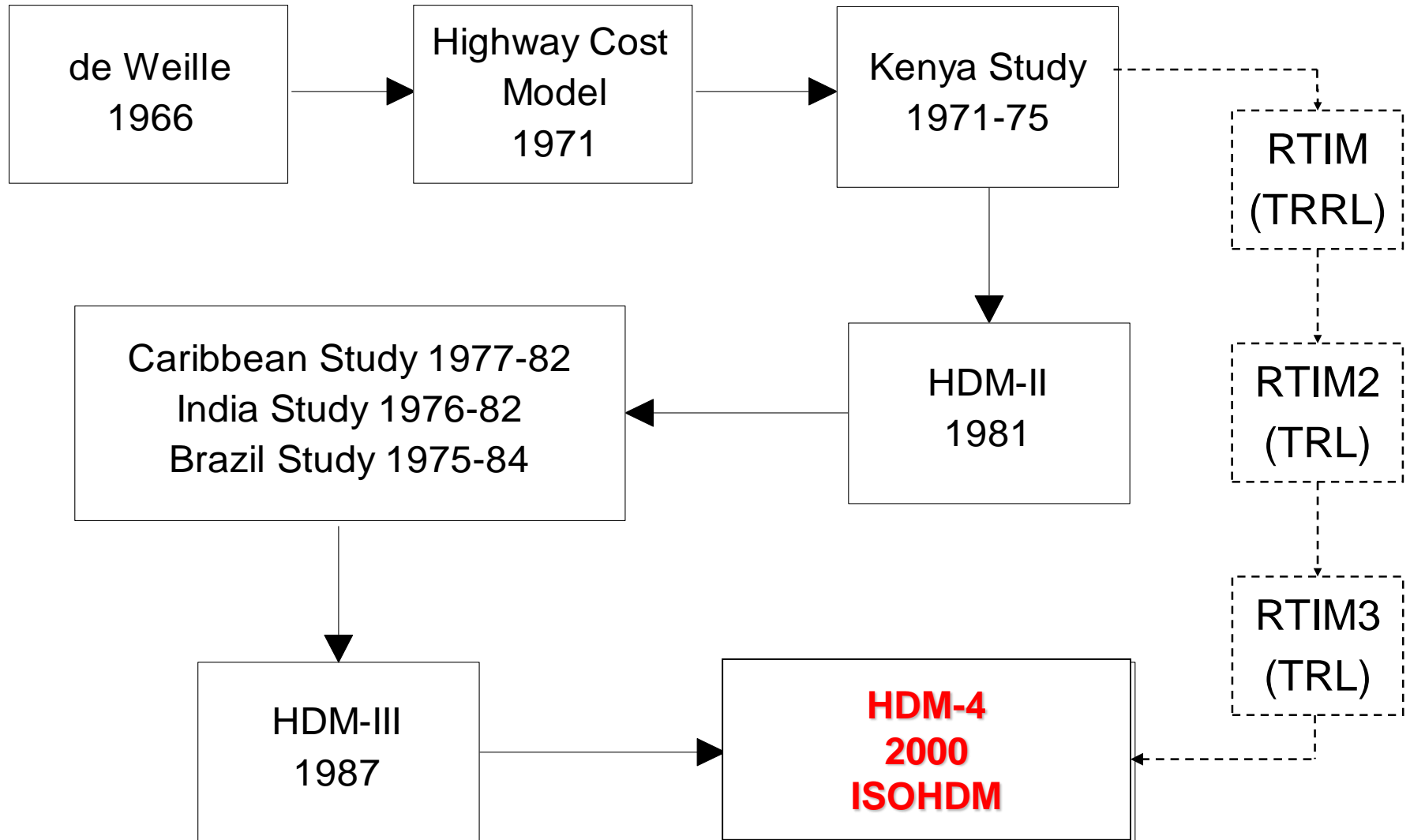


**Balesetek**





# *A HDM modell története*





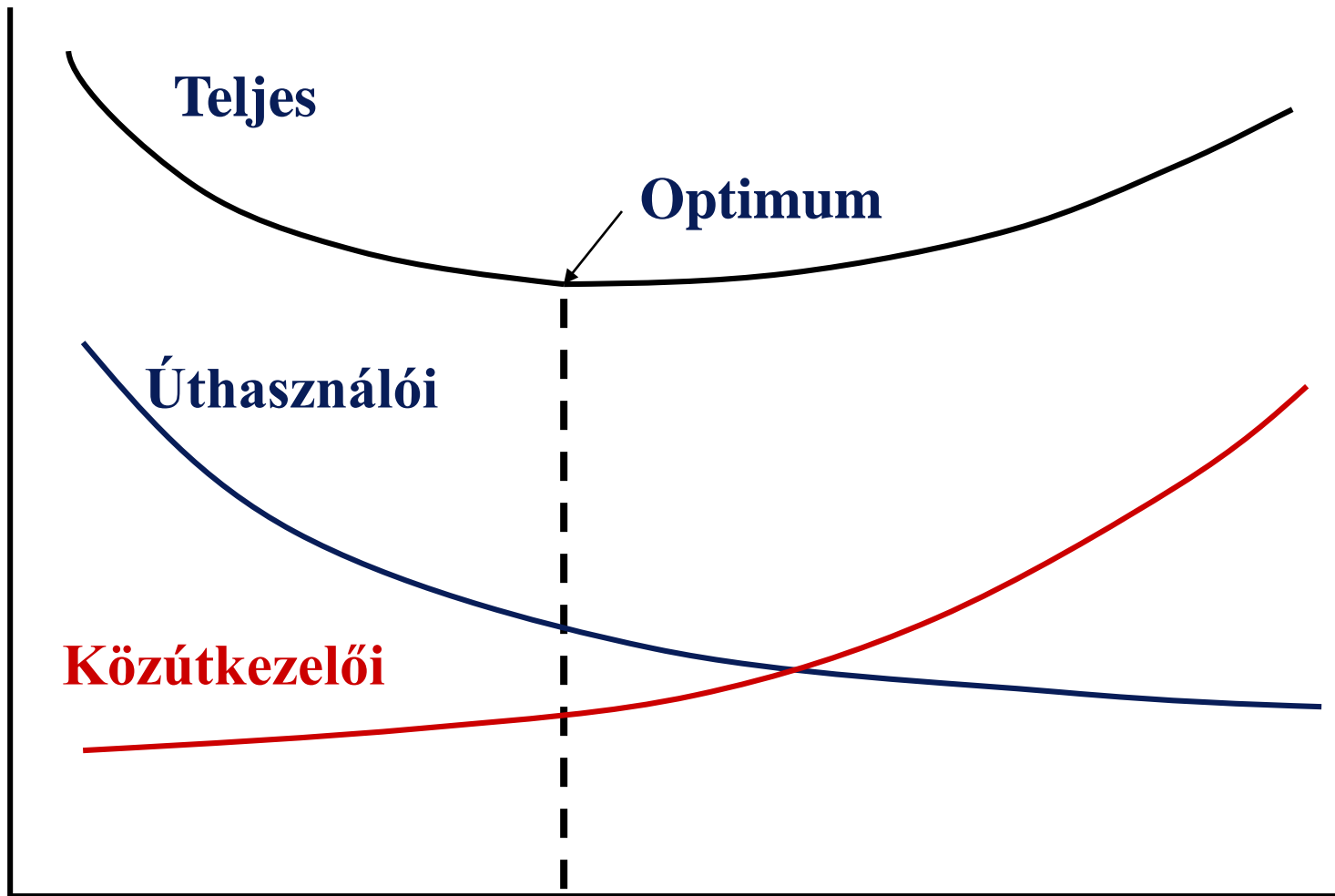
# *HDM-4 alapelv*

- ⊗ Az úthálózat teljesítményének előrebecslése
  - ⊗ forgalomnagyság és forgalmi terhelések
  - ⊗ burkolat típus és teherbírás
  - ⊗ fenntartási beavatkozások
  - ⊗ környezet / klíma függvényében
- ⊗ Az úthasználói előnyök számszerűsítése:
  - ⊗ jármű-üzemi költség megtakarítás (VOC)
  - ⊗ csökkenő úthasználói eljutási idők
  - ⊗ mérséklődő balesetszám
  - ⊗ kedvezőbb környezeti hatások



# *Optimális közlekedési költség*

**Költség**



**Tervezési, méretezési előírások**



# Útgazdálkodás

## ☀ Célja:

- ☒ Az úthálózat teljesítményének optimalálása egy adott időszakra a politikai célkitűzéseknek és a költségvetési korlátoknak megfelelően

## ☀ Tipikus célkitűzések:

- ☒ a közlekedési költség minimalálása
- ☒ a vagyonérték megőrzése
- ☒ az elérhetőség biztosítása és fenntartása
- ☒ biztonságos és környezetbarát közlekedés





# *Élettartam költségek*

## ☀ Közútkezelői költségek

- ☒ kezelés, üzemeltetés
- ☒ munkaerő, eszközök, anyagok
- ☒ területbiztosítás
- ☒ fenntartás és felújítás

## ☀ Úthasználói költségek

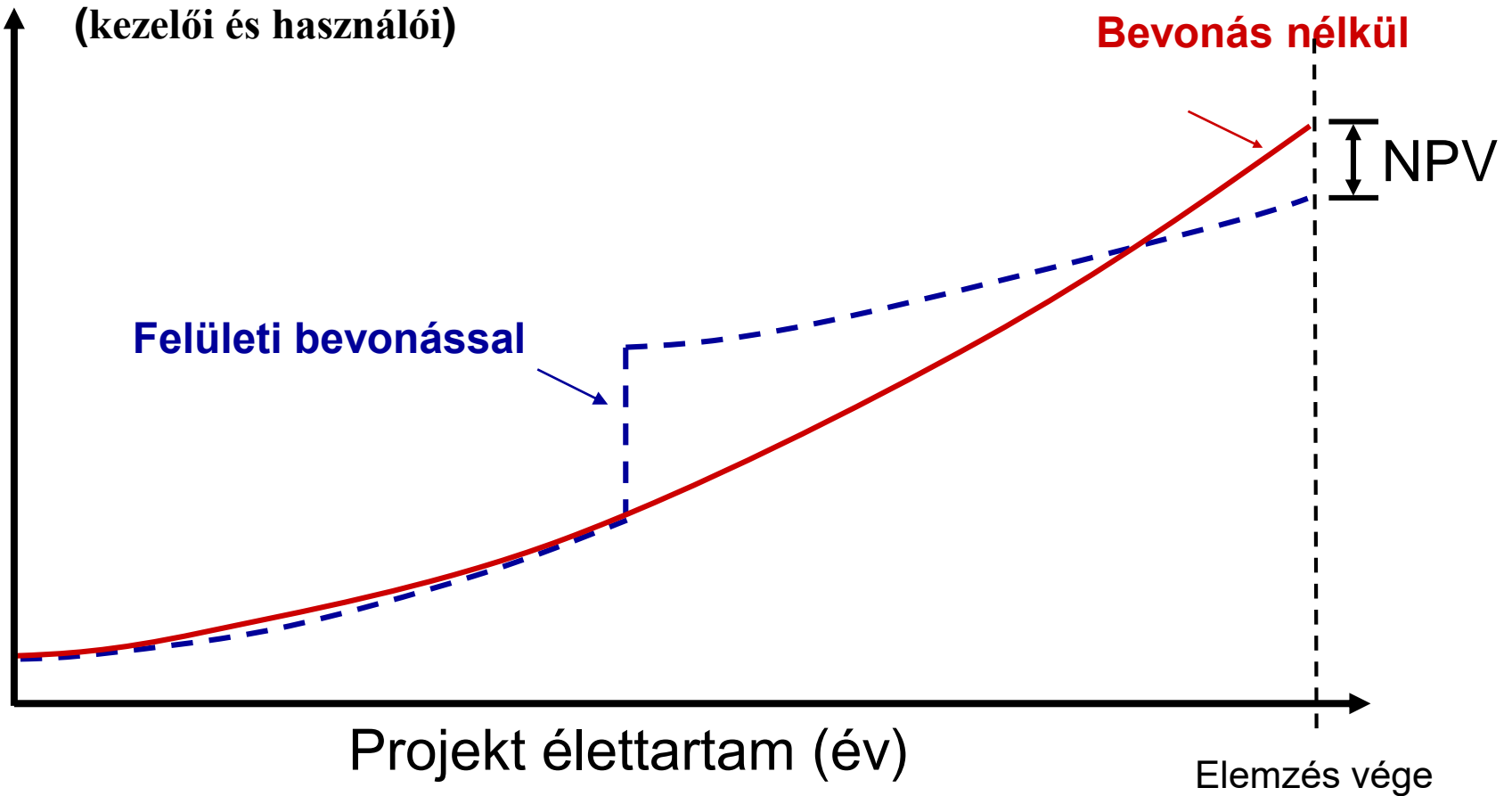
- ☒ jármű üzemeltetés
- ☒ utazási (eljutási) idő
- ☒ balesetek



# Projekt változatok összehasonlítása

Diszkontált költség

(kezelői és használói)

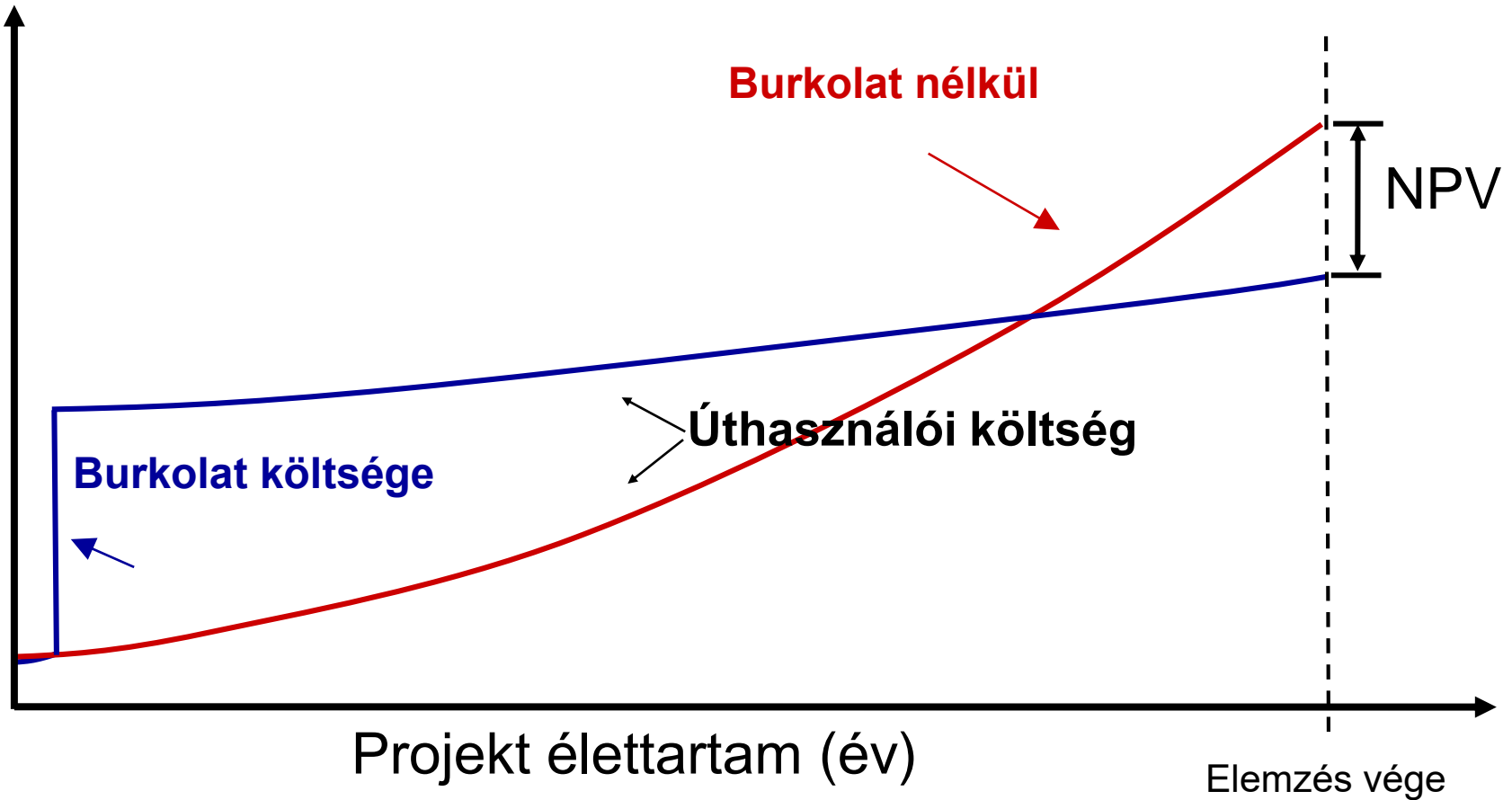


NPV = nettó jelenérték



# Projekt változatok összehasonlítása

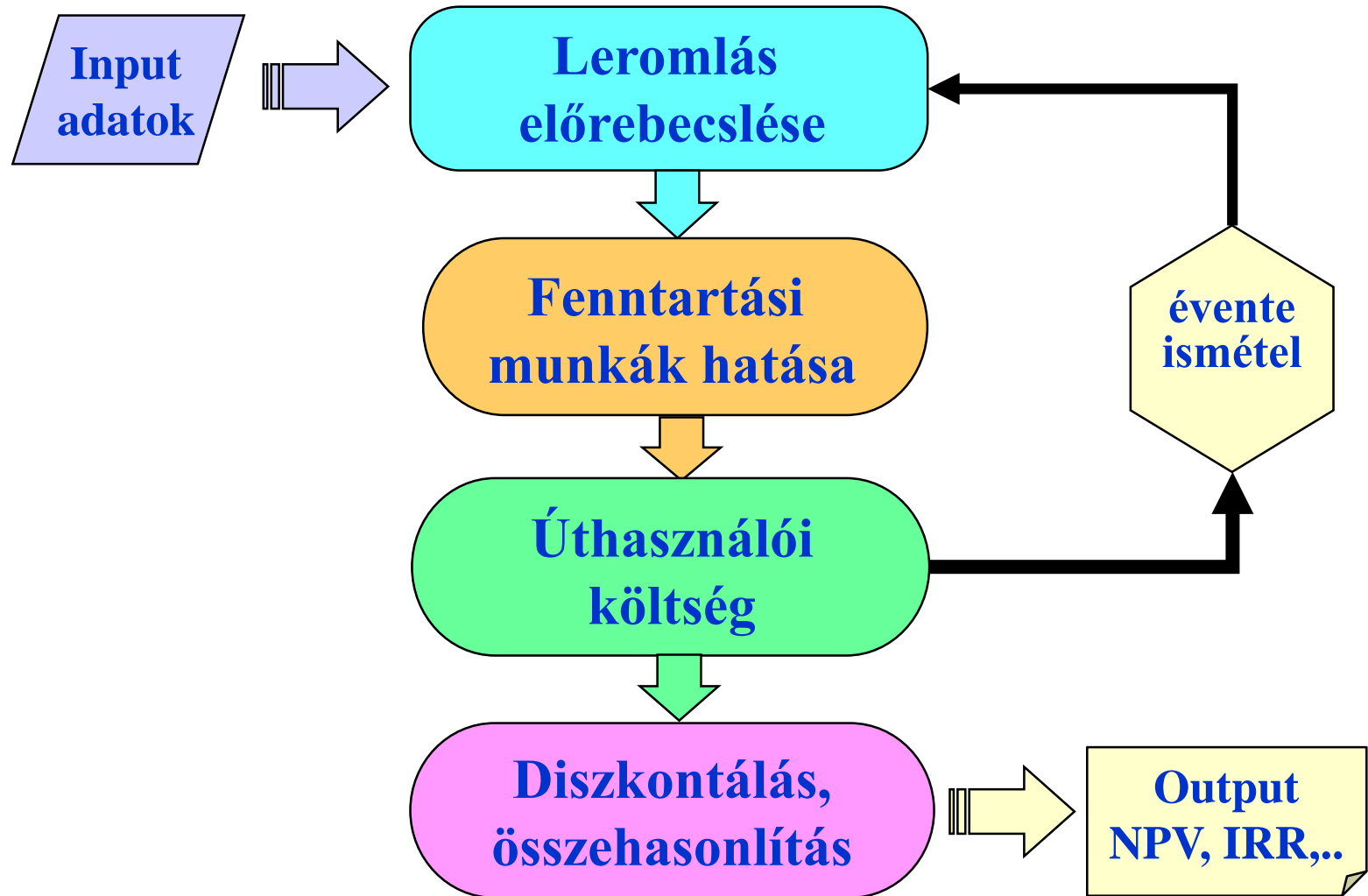
Diszkontált költség



NPV = nettó jelenérték



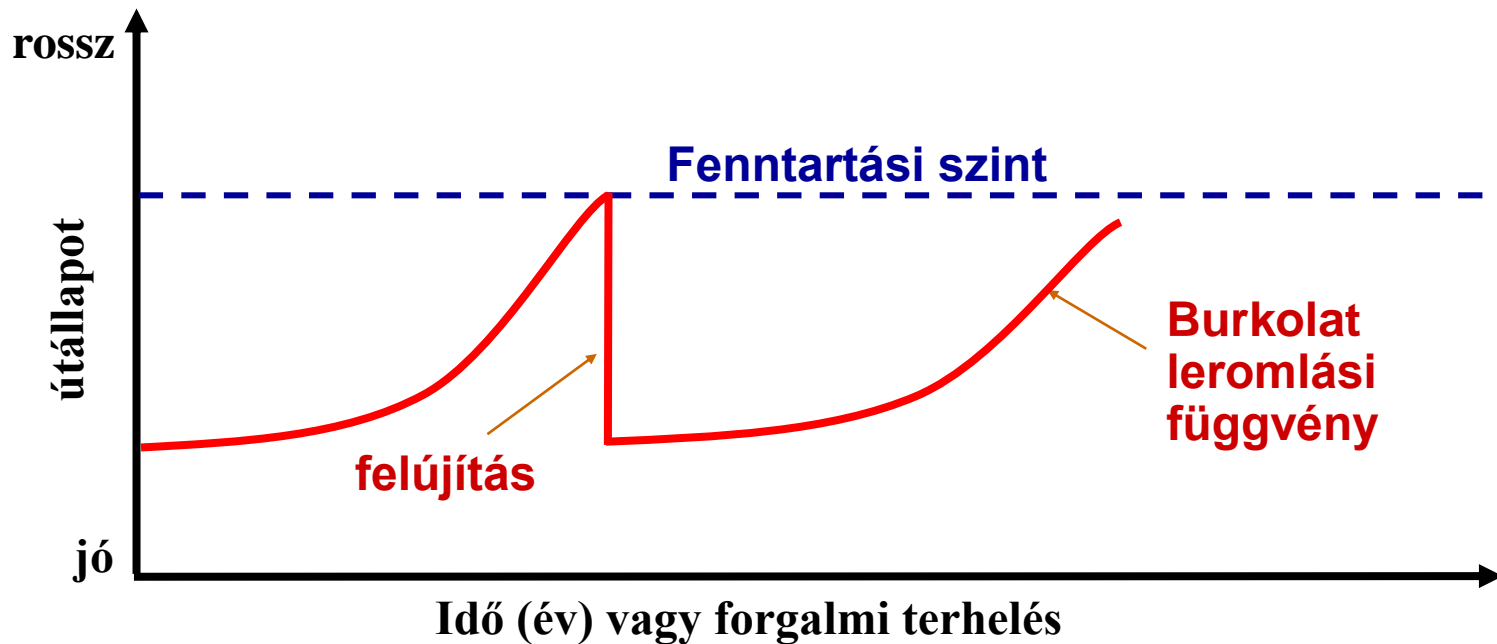
# Élettartam költség elemzés





# *Utak leromlása*

- ⊕ Hosszú távú burkolat viselkedés előrebecslése
- ⊕ Fenntartási beavatkozások hatásának becslése
- ⊕ Évenkénti költségek számítása: kezelői + használói





# *Burkolat viselkedés*

- ❖ Modellezett burkolat típusok:
  - ❖ Bitumenes (aszfaltbeton, felületi bevonás stb.)
  - ❖ Burkolatlan (kavics, föld, homok stb.)
  - ❖ Beton (hézagolt, vasalt, erősített stb.)
  - ❖ Elemes (előre gyártott stb.)
  
- ❖ A modellek alapjául szolgáló burkolat viselkedési kísérletek, megfigyelések:
  - ❖ Brazília, Kenya, India, Dél-Afrika
  - ❖ Franciaország, USA, Svédország, Finnország, Ausztrália



# *A leromlási modellek alapelve*

- ✚ Szerkezeti és tapasztalati modellek
- ✚ Az egyes hibafajtákat külön modellezik
- ✚ Lépésenkénti és rekurzív összefüggések
$$dY = K a_0 f(X_1, X_2, X_3, \text{stb.})$$
- ✚ A modellezés célja az egyenletlenség alakulásának becslése
- ✚ Fenntartási beavatkozás lehetősége minden év végén



# *Repedés kialakulás modellje*

$$ICA = K_{cia} \{ CDS^2 * a_0 \exp[a_1 SNP + a_2 (YE4/SN^2) + CRT] \}$$

- ❑ ICA a repedés kialakulásáig eltelt idő, év
- ❑ CDS építéskori minőség
- ❑ SNP a burkolat teherbírása (szerkezeti szám)
- ❑ YE4 forgalmi terhelés
- ❑  $K_{cia}$  kalibráló tényező
- ❑ CRT a fenntartás hatása





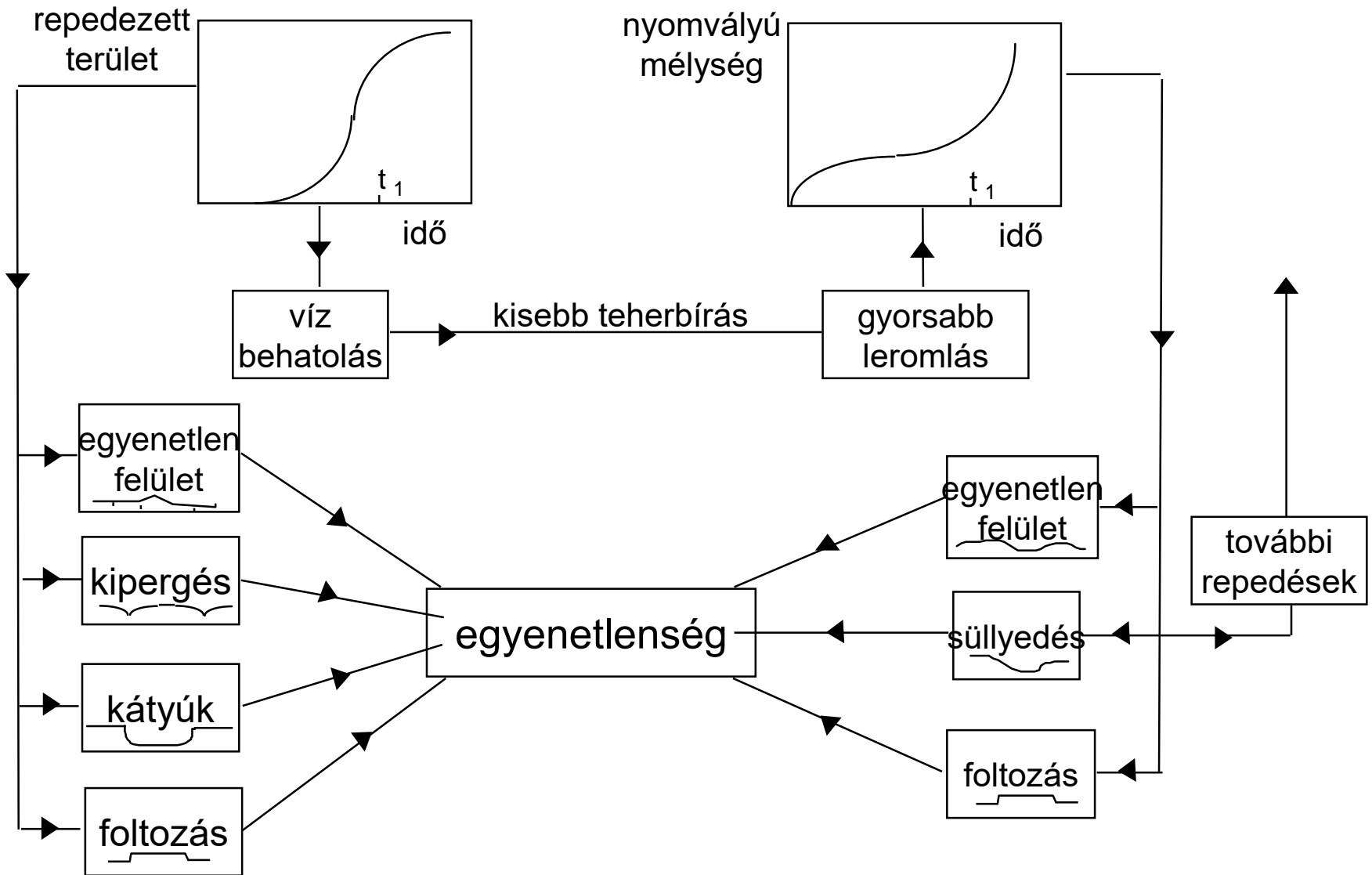
# *Repedés terjedés modellje*

$$dACA = K_{cpa} \left( \frac{CRP}{CDS} \right) z_A [(z_A * a_0 * a_1 * \delta t_A * YE4 * SNP^{a_2} + SCA^{a_1})^{1/a_1} - SCA]$$

- ✿ CRP = a repedés terjedés korlátozása a megelőző jellegű fenntartás eredményeként
- ✿ A repedés terjedés bekövetkezik, ha  $\delta t_A > 0$  or  $ACA_a > 0$

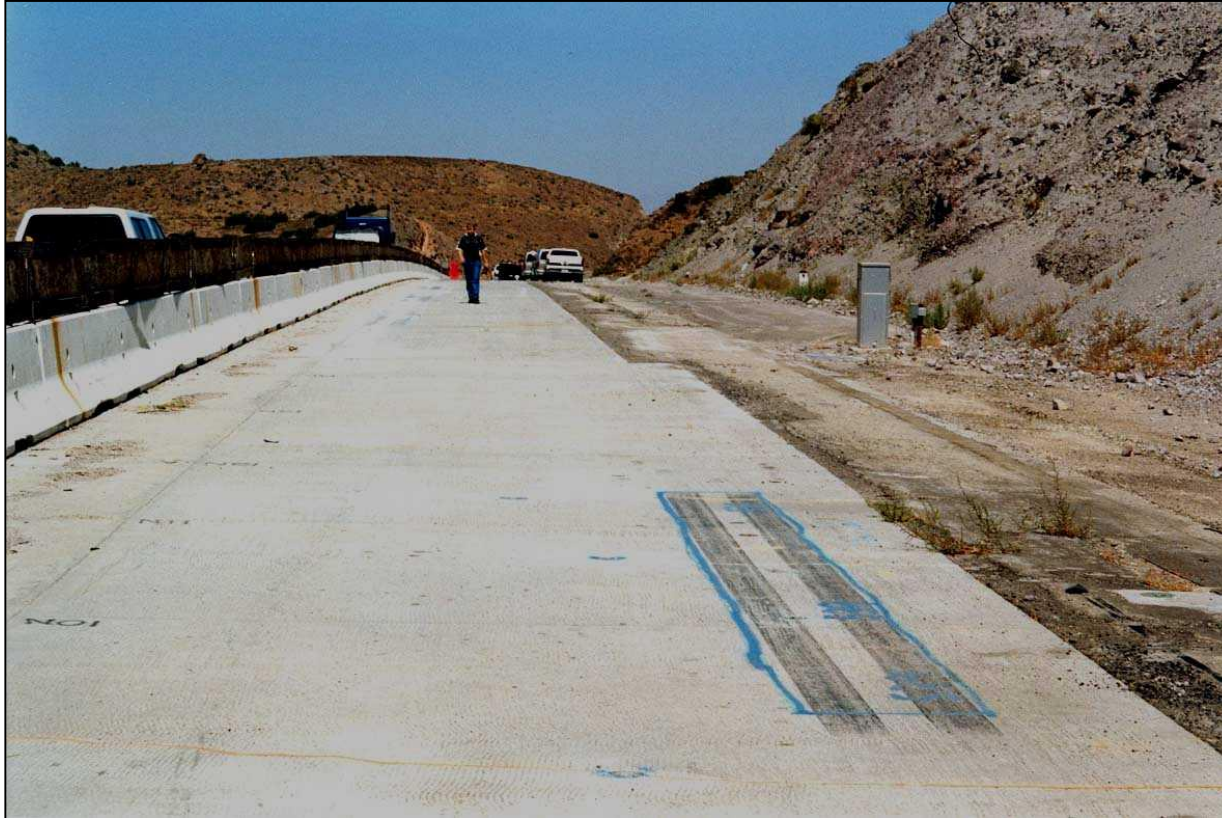


# Burkolat leromlási összefüggés





# *Beton burkolatok*



- ⊕ hézaghiba
- ⊕ kiszúródás
- ⊕ repedés
- ⊕ letörés
- ⊕ táblahiba
- ⊕ utazáskényelem

modellek

⊕ USA

⊕ Chile



# *Aszfalt burkolatok*

Előrebecsült  
hibák:

- ❑ repedés
- ❑ kipergés
- ❑ szélhiba
- ❑ kátyú
- ❑ utazás-  
kényelem
- ❑ csúszás-  
ellenállás





# *Aszfalt burkolatok leromlása*





# *Aszfalt burkolatok leromlása*





# *Burkolatlan utak*





# *Burkolatlan utak leromlása*







# *Burkolatlan utak leromlása*





# *Fenntartási munkák csoportosítása*

## Megőrzés

### ❑ Rutin

- foltozás, széljavítás
- vízelvezetés, repedéskiöntés

### ❑ Periodikus

- megelőző kezelés
- felújítás
- teljes újjáépítés

### ❑ Speciális

- vészhelyzet kezelés
- téli fenntartás

## Fejlesztés

### ❑ Javítás

- szélesítés
- vonalvezetés korrekció
- burkolaton kívüli munkák

### ❑ Építés

- kapacitásbővítés
- új nyomvonalú szakasz



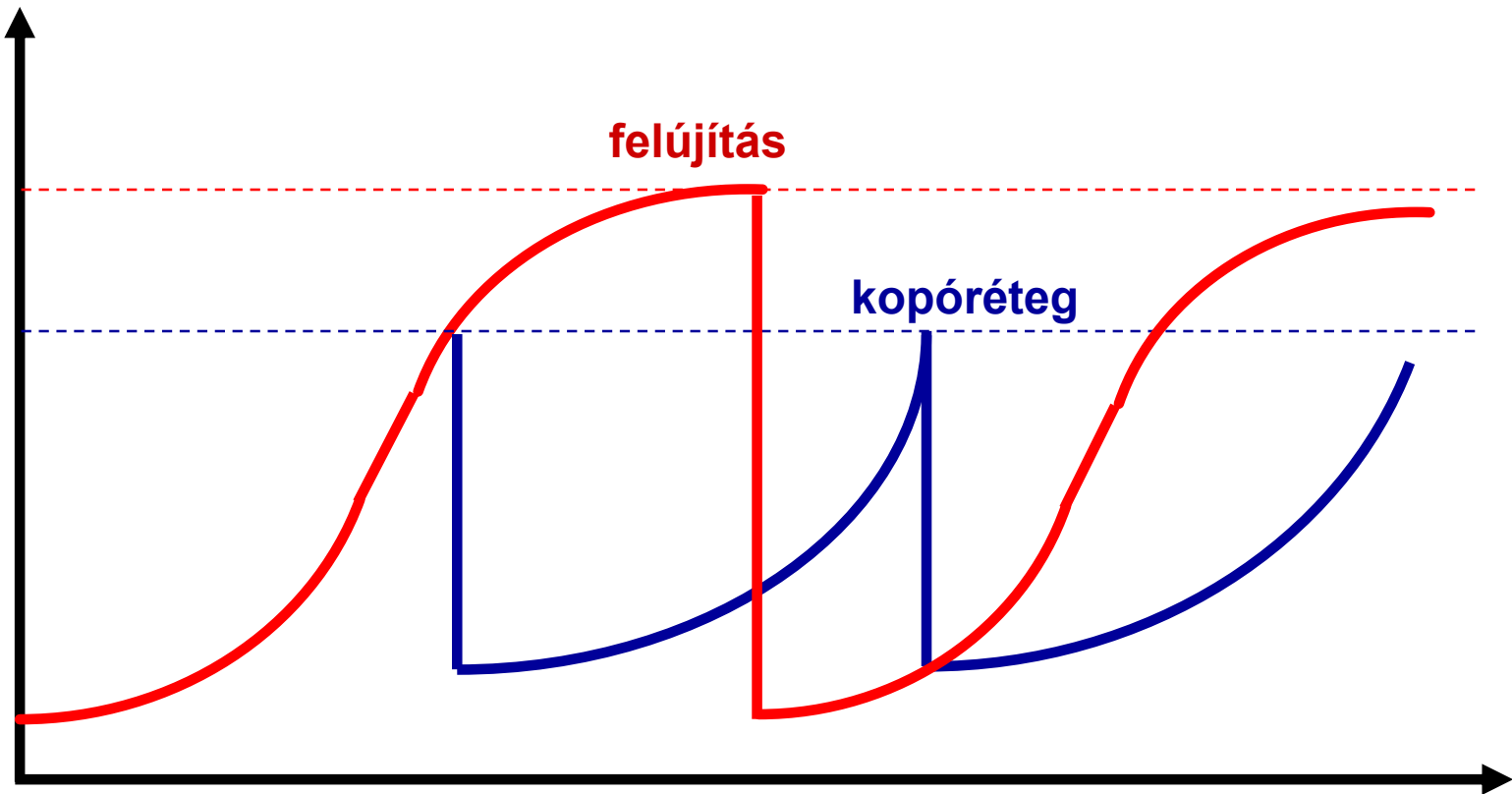
# *Fenntartási munkák*





# *Fenntartási munkák hatása*

Útállapot



Forgalom / idő



# *Úthasználókra gyakorolt hatások*





# *Úthasználói hatások elemei*

- Motorizált jármű-üzemi költség (VOC)
- Motorizált utazási idő költség (TTC)
- Nem motorizált idő és üzem költség (NMTOC)
- Baleseti költség (AC)

**Úthasználói költség:**

$$\mathbf{RUC = VOC + TTC + NMTOC + AC}$$

**Úthasználókra gyakorolt hatás**

$$\mathbf{RUE = RUC + emisszió + energia + zaj}$$



# *Úthasználói hatások*

- ⊗ Jármű-üzemi költség
  - ⊠ üzemanyag, kenőolaj, gumik, alkatrész cserék
  - ⊠ jármű avulás és amortizáció
- ⊗ Utazási idő
  - ⊠ utasok
  - ⊠ áruk
- ⊗ Balesetek
- ⊗ Nem motorizált közlekedés
- ⊗ Energia felhasználás
- ⊗ Káros anyag kibocsátás és zaj



# *Úthasználói hatások a HDM-4 -ben*

- ✚ A forgalmi torlódások hatása a sebességre, az üzemanyag fogyasztásra, a gumikopásra és a karbantartási költségekre
- ✚ A nem motorizált közlekedés modellezése
- ✚ A fenntartási munkák forgalomkorlátozó hatása
- ✚ Közlekedésbiztonsági hatás
- ✚ Járművek káros anyag kibocsátás hatása
- ✚ Járművek zajkeltésének hatása



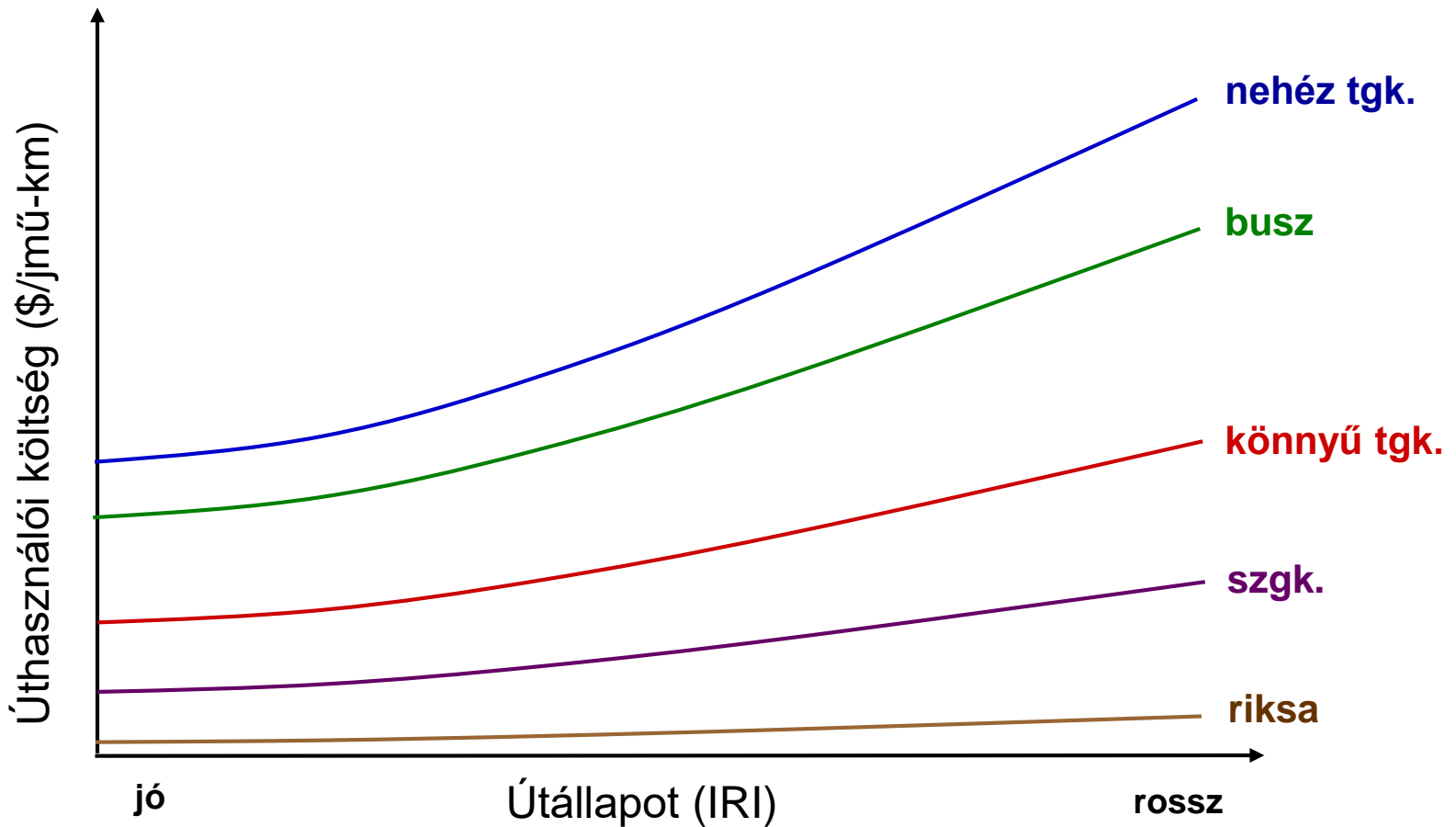


# *Motorizált forgalom*





# Útállapot hatása az üzemköltségre





# *Nem motorizált forgalom*





# *A HDM-4 szerepe*

<b>Útgazdálkodási művelet</b>	<b>HDM-4 alkalmazás</b>
<b>tervezés (hálózati szint)</b>	<b>stratégiai elemzés</b>
<b>rangsorolás</b>	<b>programelemzés</b>
<b>előkészítés</b>	<b>projekt értékelés</b>



# *Útgazdálkodási funkció*

## ✿ Tervezés (hálózati szint)

- ✦ előírások, elvárások, politikai célok meghatározása
- ✦ hosszú távú ráfordítások becslése

## ✿ Rangsorolás (hálózati és projekt szint)

- ✦ középtávú feladatok programozása

## ✿ Előkészítés (projekt szint)

- ✦ részletes projekt tervezés és projekt listák

## ✿ Működés (projekt szint)

- ✦ a beavatkozások kivitelezése



# *HDM-4 alkalmazások*

- ⊕ A közúti szektor szakmapolitikai tanulmányai
- ⊕ Az úthálózat fejlesztésnek, felújításának és fenntartásának stratégiai tervezése
- ⊕ A finanszírozási igények meghatározása
- ⊕ Több éves beavatkozási programok előkészítése
- ⊕ Egyedi projektek gazdasági megfelelőség vizsgálata
- ⊕ Ütügyi kutatások
  - ⊞ útdíjak hatása
  - ⊞ járművekre vonatkozó szabályozás
  - ⊞ pályaszerkezet tervezési előírások



# *Előírások és szakmapolitika*

## ☀ Útdíjak

- ☒ úthasználók terhei (üzemanyag adó)
- ☒ torlódási díjak
- ☒ nehéz járművek megtett távolsággal arányos díjazása

## ☀ Járművekre vonatkozó szabályozás

- ☒ tengelyterhelés határértékek
- ☒ energiafogyasztás, káros anyag és zaj kibocsátás

## ☀ Mérnöki műszaki előírások

- ☒ fenntartható (sustainable) hálózatméret
- ☒ pályaszerkezet tervezési és fenntartási előírások



# *Stratégiai elemzés*

*A teljes úthálózat elemzése a finanszírozási igények meghatározására és a korlátos erőforrásokhoz tartozó várható burkolatállapot előrebecslésére*

## ☀ Céllok:

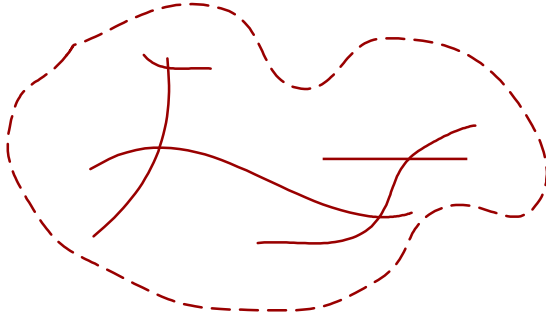
- ☒ Az utak fenntartására és felújítására szükséges forrás meghatározása
- ☒ Beavatkozási programok előkészítése
- ☒ Hosszú távú hálózatviselkedés és teljesítmény
- ☒ Az úthasználókra gyakorolt hatások értékelése





# Stratégiai elemzés

## Úthálózat



## Mátrix

	G	F	P
H			
M			
L			

Bevételek, költségvetés

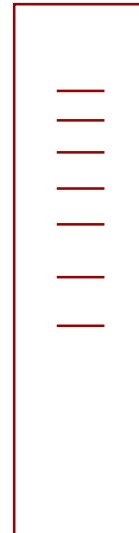
Erőforrás  
korlátok

Megőrzés  
értékelés

Fejlesztési  
változatok

Optimális stratégia  
költségkorlát mellett

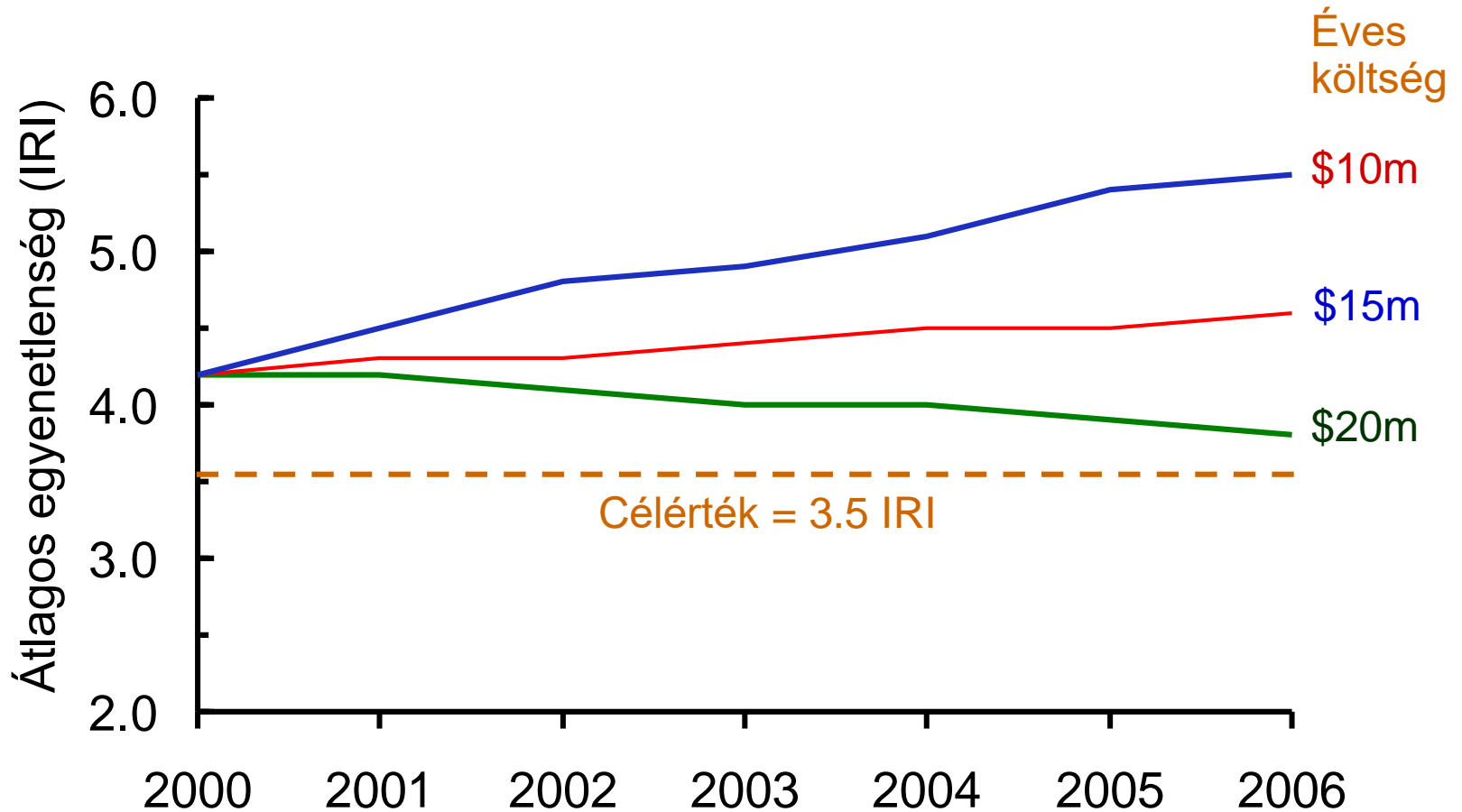
Optimáló  
modul





# A költségszintek hatása

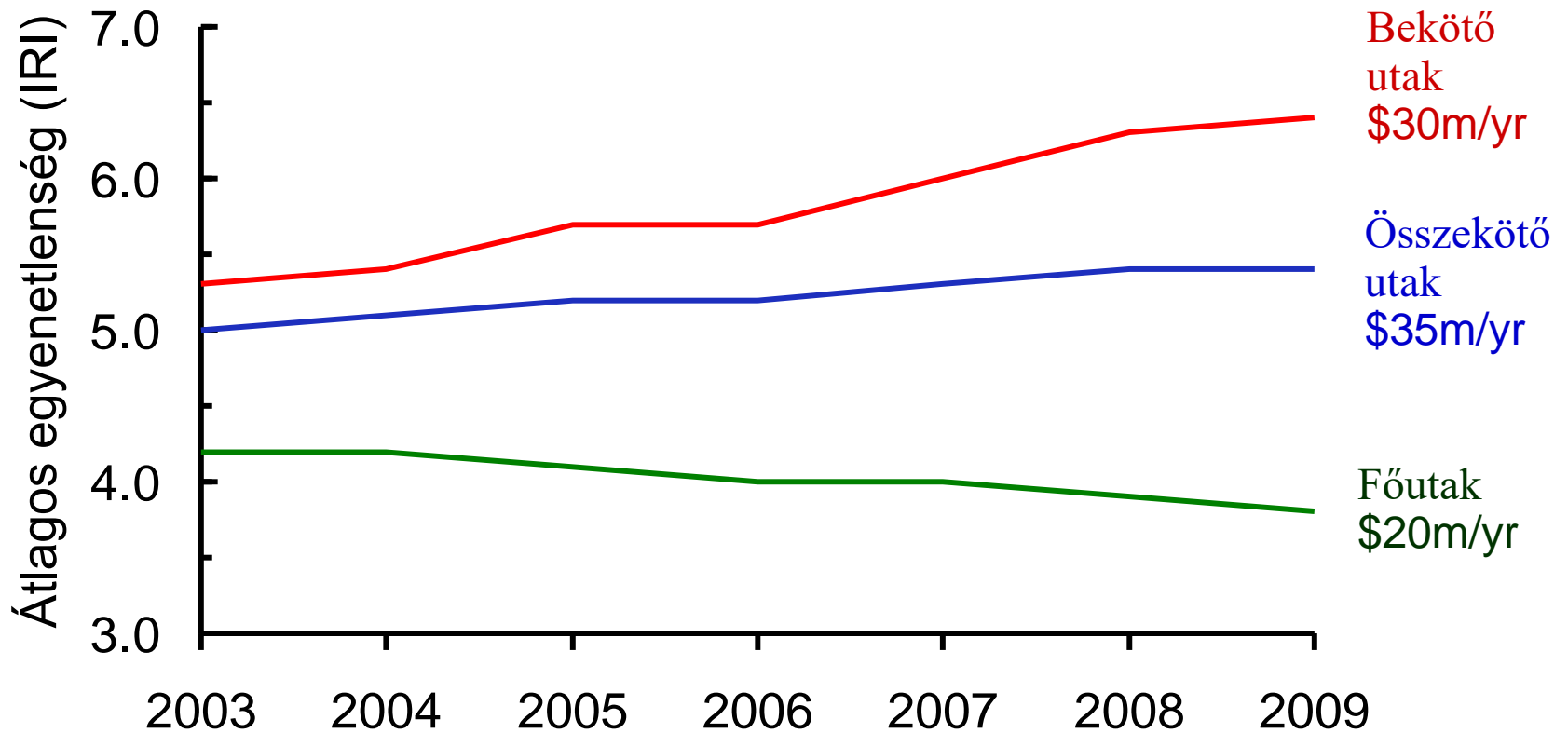
## Főutak





# Az úthálózat teljesítménye

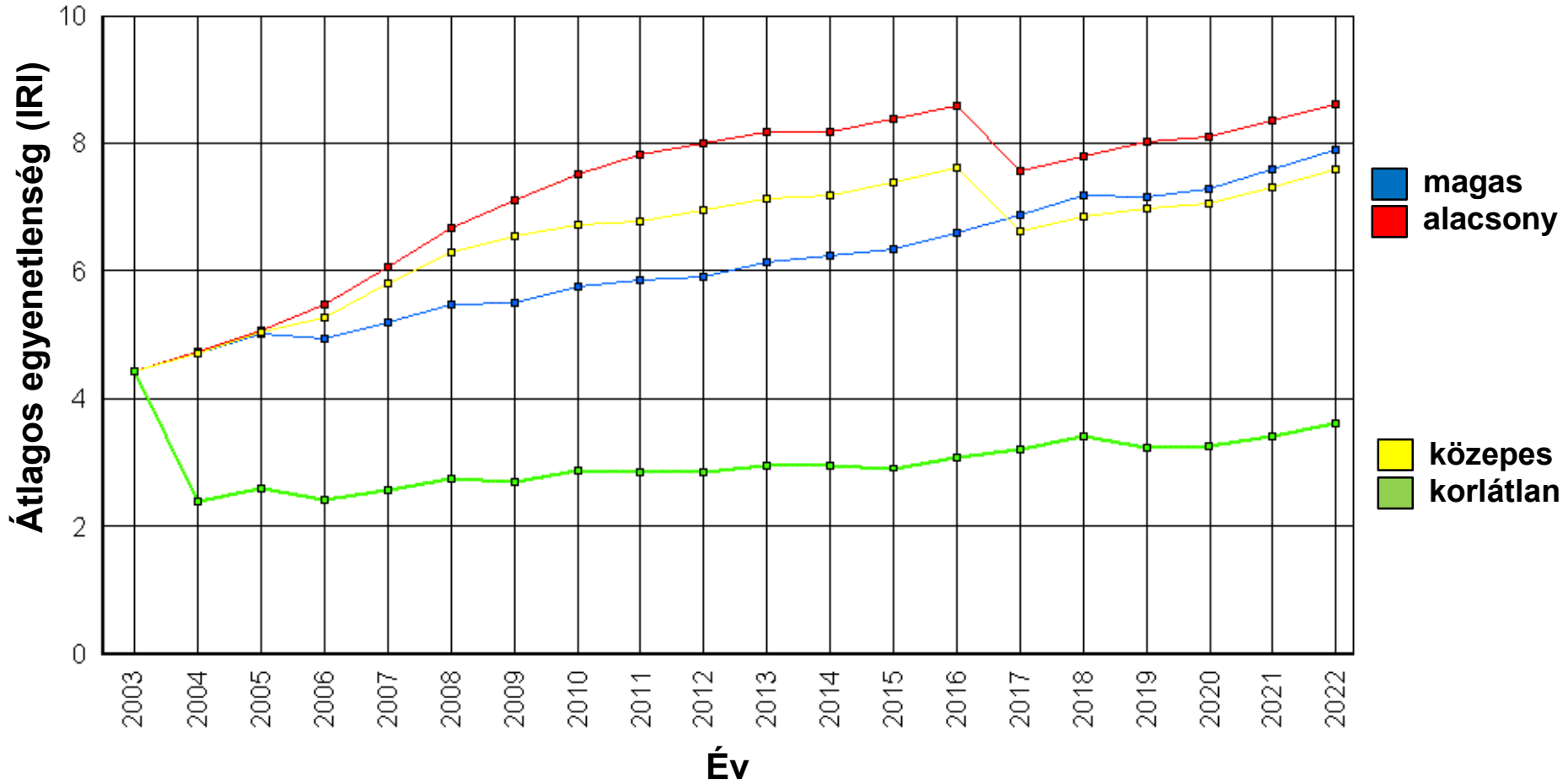
## Forráselosztás





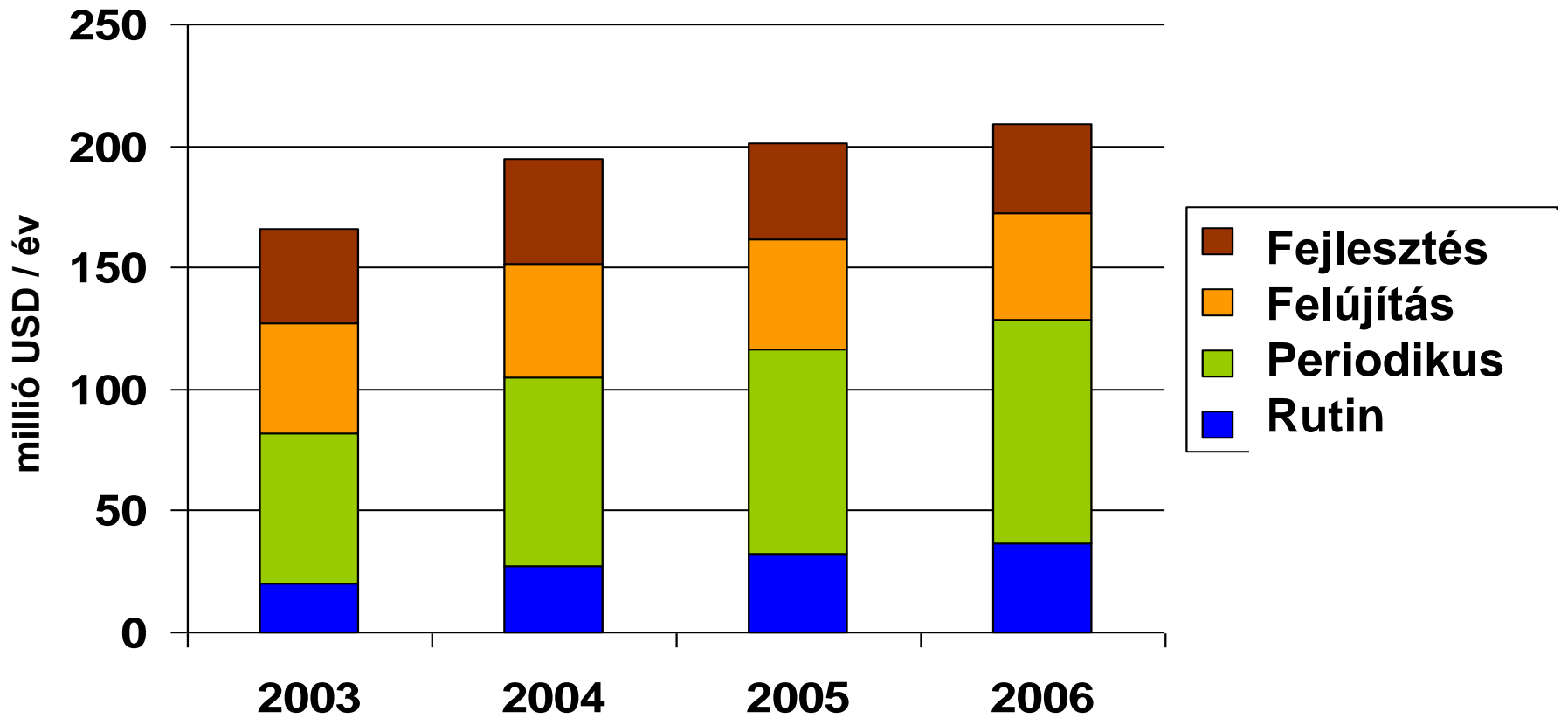
# Költségvetési szcenárió elemzés

## Hosszal súlyozott, költségvetés-függő átlagos hálózati egyenetlenség





# *Optimális költségigény*





# *Program elemzés*

*Egyéves vagy több éves beavatkozási programok előkészítése megadott költségkorlátok mellett*

- ☛ Cél: a lehetséges közúti projektek évenkénti rangsorolása a költségkorláton belül
- ☛ Az éves költségeket a stratégiai fenntartási terv értékelése adja meg



# *Program elemzés*

- ❖ Adott előírások szerint a lehetséges projektek kiválasztása a hálózaton pl.
  - ❖ Útszakaszok, ahol egy bizonyos jellemző értéke egy megadott határérték felett van
  - ❖ Kapacitás hiányos útszakaszok
  - ❖ Pályaszerkezetek, ahol megerősítés szükséges
  - ❖ Nagy forgalmi terhelések miatti burkolat felújítási igény



# *Program elemzés*

- ✚ A szóba jöhető fenntartási vagy felújítási beavatkozások meghatározása
- ✚ A költségvetési határok és a vonatkozó időszakok megadása
- ✚ Optimálás a kiválasztott cél szerint
- ✚ Az adott költségvetési időszakra vonatkozó optimális projektlista





# Programozási kimenet

Rangsor	Szakasz	Hossz (km)	Megye	Beavatkozás típusa	Mikor szükséges	Költség m USD	Összesen m USD
1	N1-2	20.5	2	Felületi bevonás	2003	5.4	5.4
2	N4-7	23.5	7	Kopóréteg 40 mm	2003	10.9	16.3
3	N2-5	12.5	5	Felújítás	2003	8.6	24.9
4	R312-1	30	4	4 sávra szélesítés	2003	31.4	56.3
5	R458-3	36.2	3	Kopóréteg 60 mm	2003	16.3	72.6
:	:	:	:	:	:	:	:
1	N4-16	32.1	6	Felújítás	2004	22.8	22.8
2	R13-23	22.4	4	Kopóréteg 40 mm	2004	9.7	32.5
3	N521-5	45.2	2	4 sávra szélesítés	2004	41.3	73.8
:	:	:	:	:	:	:	:
1	N1-6	30.2	4	Felületi bevonás	2005	8.2	8.2
2	N7-9	17.8	3	Kopóréteg 60 mm	2005	9.2	17.4
3	F2140-8	56.1	1	Felújítás	2005	34.9	52.3
:	:	:	:	:	:	:	:



# *Projekt értékelés*

## ✦ Projekt típusa

- ✦ Új építés, kapacitásbővítés
- ✦ Felújítás, újraturkolás
- ✦ Szélesítés, sáv(ok) hozzáadása
- ✦ Nem motorizált közlekedési sávok

## ✦ Gazdasági mutatók

- ✦ Nettó jelenérték (Net Present Value, NPV)
- ✦ Megtérülési ráta (Economic Rate of Return, ERR)
- ✦ Haszon költség arány (Benefit Cost Ratio, BCR), NPV/C
- ✦ Első évi megtérülési ráta (First Year Rate of Return, FYRR)



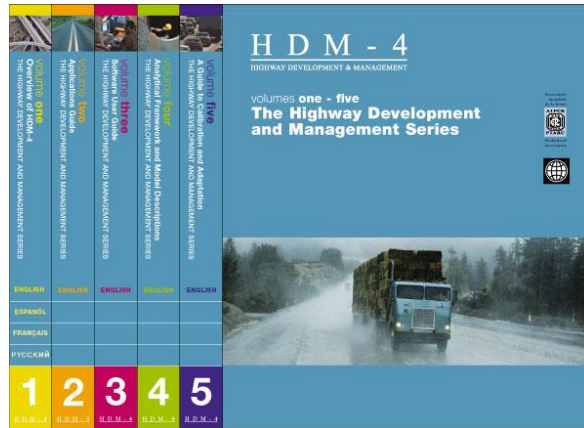
# *Projekt szintű kimenetek*

- ✿ Érzékenység vizsgálat eredménye
  - ✦ Szenárió elemzés
  - ✦ Útállapot jellemzők
  - ✦ Úthasználói költség részletek
  - ✦ Energiaigény és kibocsátások



# HDM Technológia - eszközök

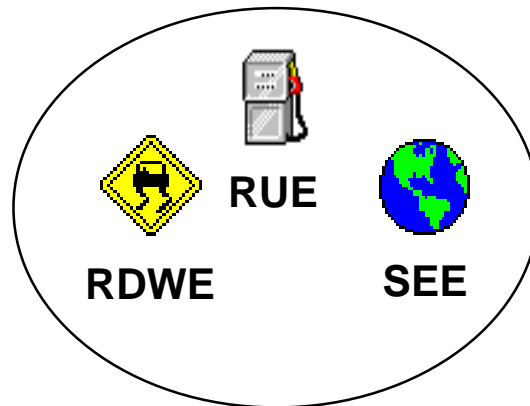
## Tudásbázis



## Szoftver

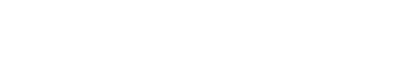
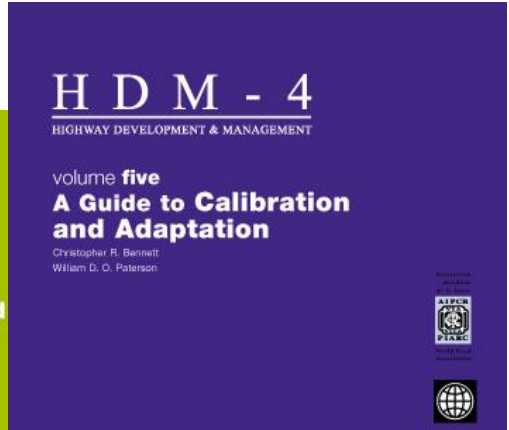
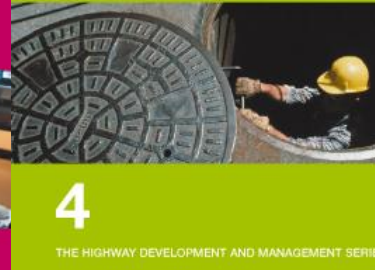
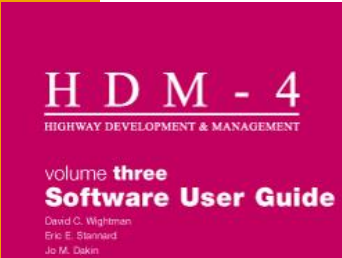
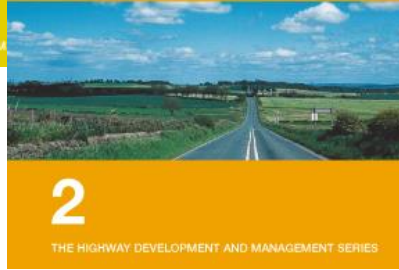


## Modellek





# HDM Kézikönyvek





# Összefoglalás

- ✿ A HDM-4 átlátható elemzést biztosít
- ✿ Az élettartam vizsgálat lehetőséget ad
  - ✻ rövid, közép és hosszú távú elemzésekre,
  - ✻ „mi lenne, ha” típusú kérdések megválaszolására
- ✿ Nemzetközileg elfogadott elemzési keret
- ✿ Műszaki szakértői tanácsadás
- ✿ Kalibrálható a helyi viszonyokra
- ✿ Nemzeti Útfelújítási Programhoz HDM-4