



Technológia-verifikáció

DR. GRUIZ KATALIN

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék
Környezeti Biotechnológia Kutatócsoport





**Modern Mérnöki Eszköztár a Kockázatközpontú
Környezetmenedzsment Alapjául**

MOKKA

**Remediációs technológiák
verifikációja**

Gruiz Katalin

Mit jelent a technológiaverifikáció?

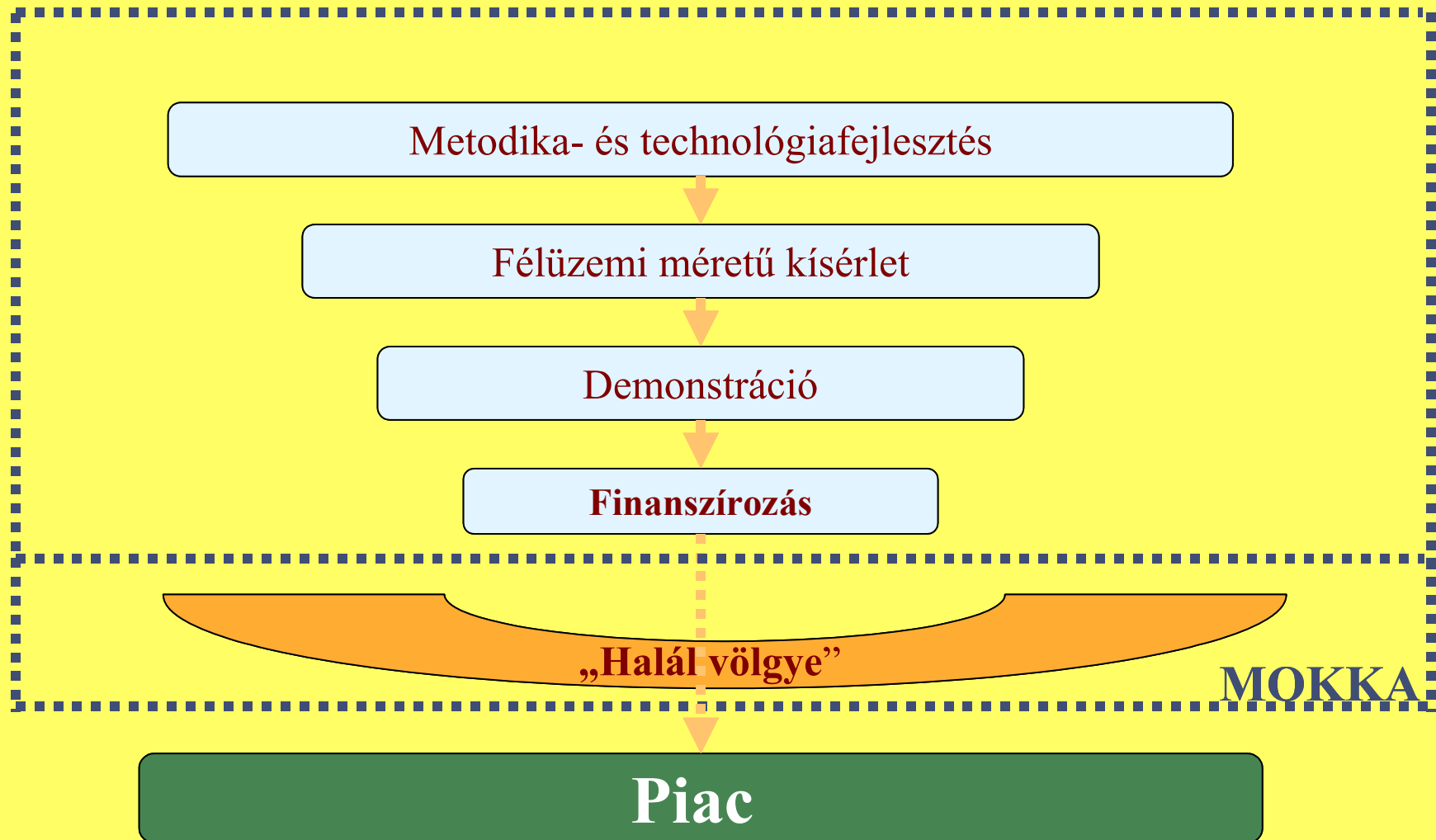
Egy technológiáról, főként, ha az egy újonnan kifejlesztett technológia, meg kell mondanunk, hogy mennyire teljesítette az elvárásokat, mennyire „jó”.

A technológia jóságának objektív megállapítására előre meghatározott szempontok és egységes metodika szükséges.

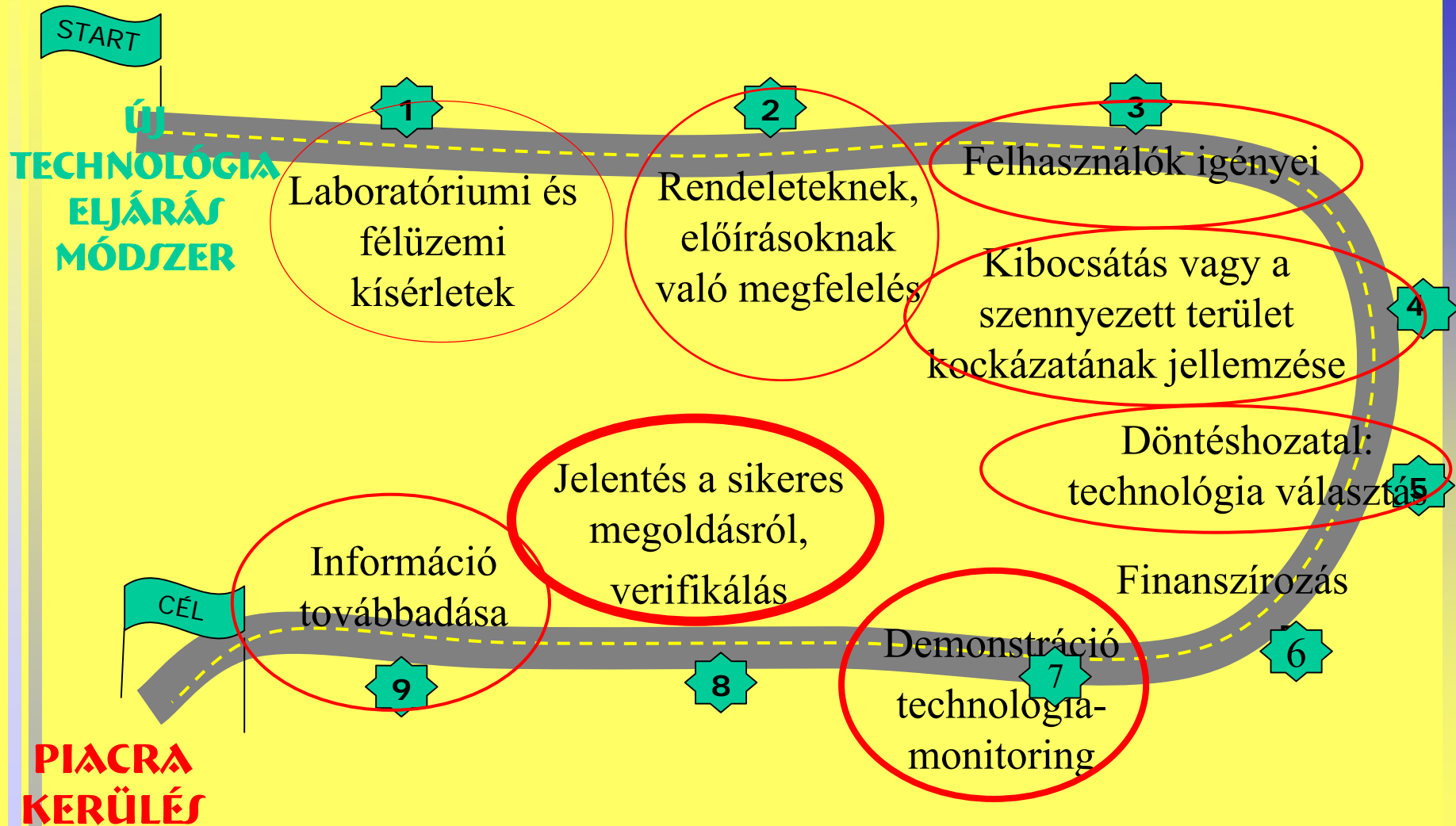
A remediációs technológiák jóságának objektív jellemzését az alábbi szempontok szerint javasoljuk megvizsgálni:

- a technológia cél szerinti hatékonysága
- a technológia környezethatékonysága
- a technológia költséghatékonysága
- egyéb mérnöki, környezeti, szociális, gazdasági, politikai szempontok

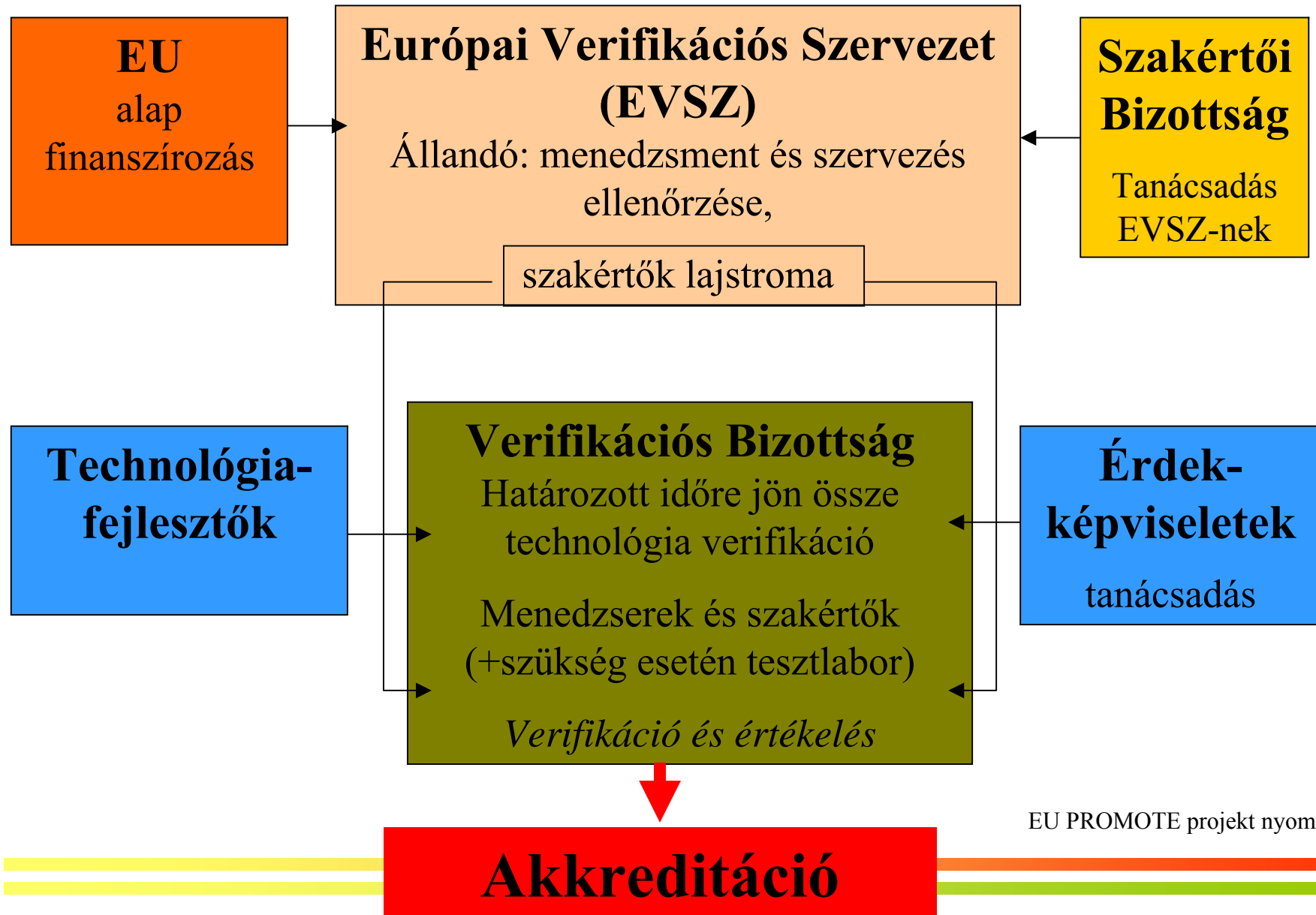
A mérnöki innováció és a piac



A kutatástól a piacig



Környezeti Technológia Verifikációs Rendszer



REMEDIÁCIÓS TECHNOLÓGIA VERIFIKÁCIÓ

Anyagmérleg

Kockázat

**Gazdasági
értékelés**

SWOT analízis

**Technológiai
hatékonyság**

Elbomlott (eltávolított)
szennyezőanyag

Környezethatékonyság

Maradék kockázat
Technológia-alkalmazás
miatti kockázat

Gazdasági hatékonyság

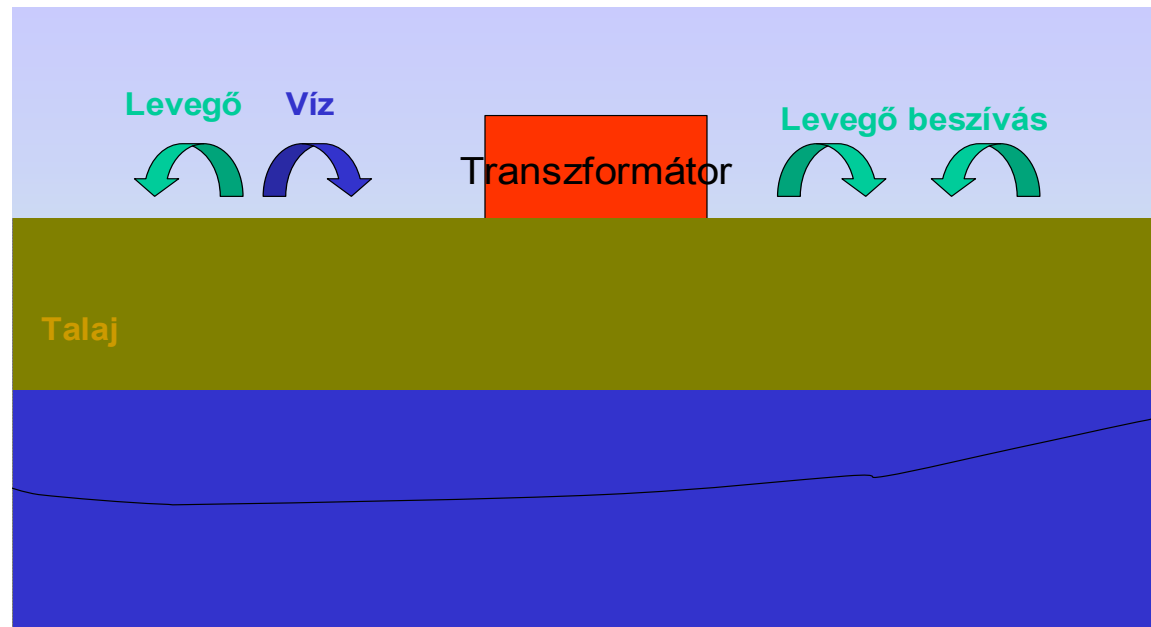
Költség-hatékonyság
v. költség-haszon

Összefoglalójellemzés

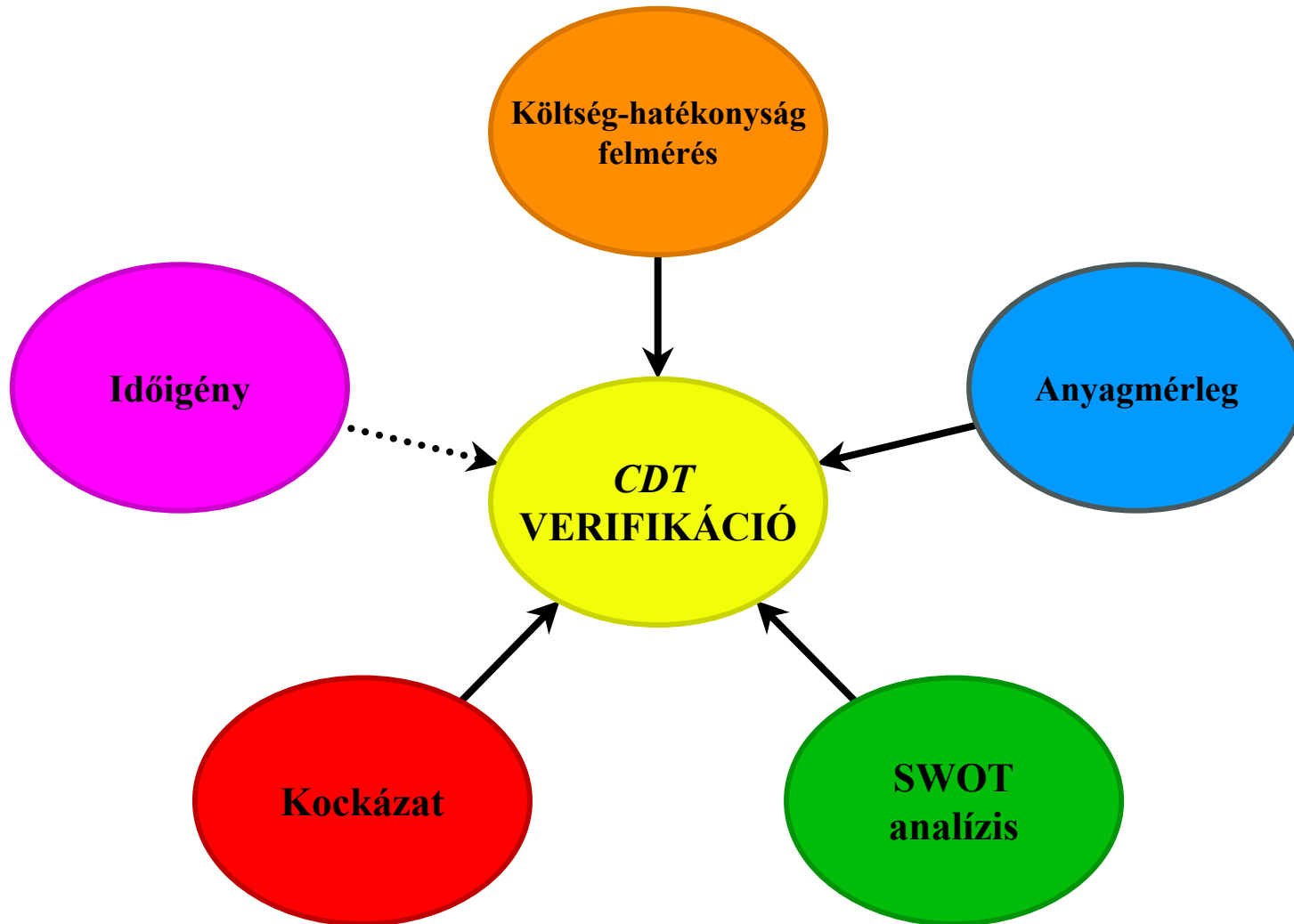
Erősségek, gyengeségek
lehetőségek, fenyegetések

In situ ciklodextrines biotechnológia (CDT)

Szennyezőanyag:	TO 40A transzformátorolaj
Szennyezett környezeti elemek:	Talaj (EPH_{talaj} : 20 000–30 000 mg/kg) Talajvíz ($EPH_{\text{talajvíz}}$: 0,99 mg/l)
Technológia-együttes:	A telítetlen zóna <i>in situ</i> kezelése bioventillációval • A kiszivattyúzott talajvíz <i>ex situ</i> fizikai-kémiai kezelése • A telítetlen zóna időszakos <i>in situ</i> mosása a kezelt vízzel
Adalékanyag: <i>RAMEB</i>	Biológiai hozzáférhetőség-javító hatás a telítetlen talajban Szolubilizáló hatás a talaj-talajvíz kölcsönhatásban



Technológia verifikáció a *CDT* példáján



A CDT anyagmérlege



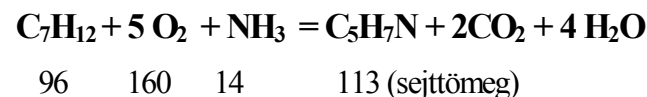
S: szubsztrát (szennyezőanyag)

T: termék (sejttömeg, CO₂, eltáv. CH)

A szubsztrát oldal (S) meghatározása

- Kezelt talaj: 50 t
- Szénhidrogén koncentráció: 25 000 mg/kg
- Szénhidrogén mennyiség: 1 250 kg /50 t
- Kezelt talajvíztérfogat: 1 000 m³
- Olajtartalom a vízben: 1 mg/dm³
- Vízben oldott CH: 1 000 g /1000 m³ talajvíz
- **Eltávolítandó összes szénhidrogén: 1 251 kg**

A termék oldal (T) meghatározása eltávolított szennyezőanyag mennyiség



Talajból biodegradációval fogyott: 1 149 kg

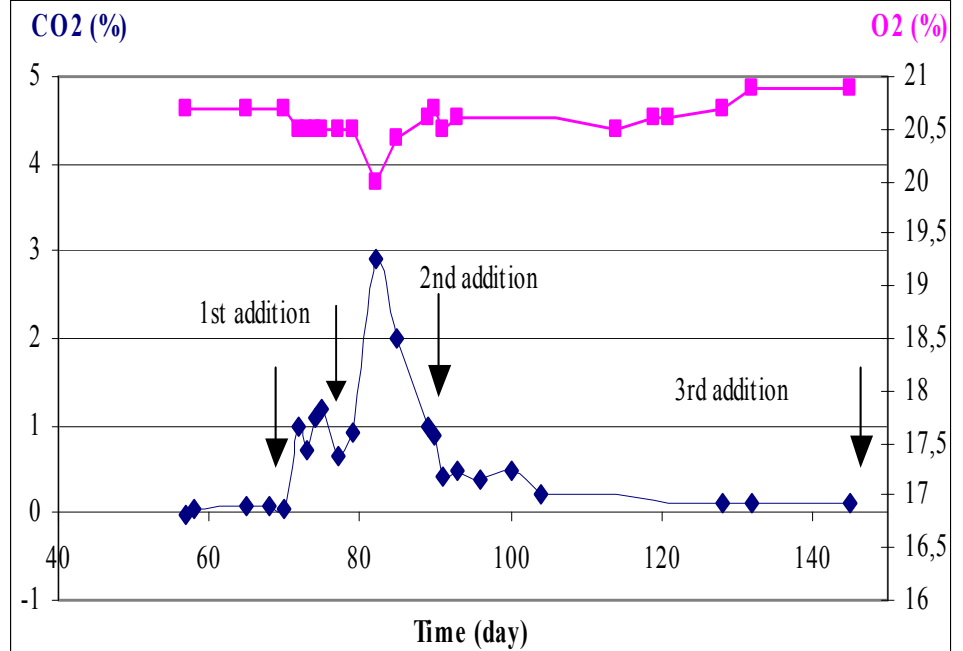
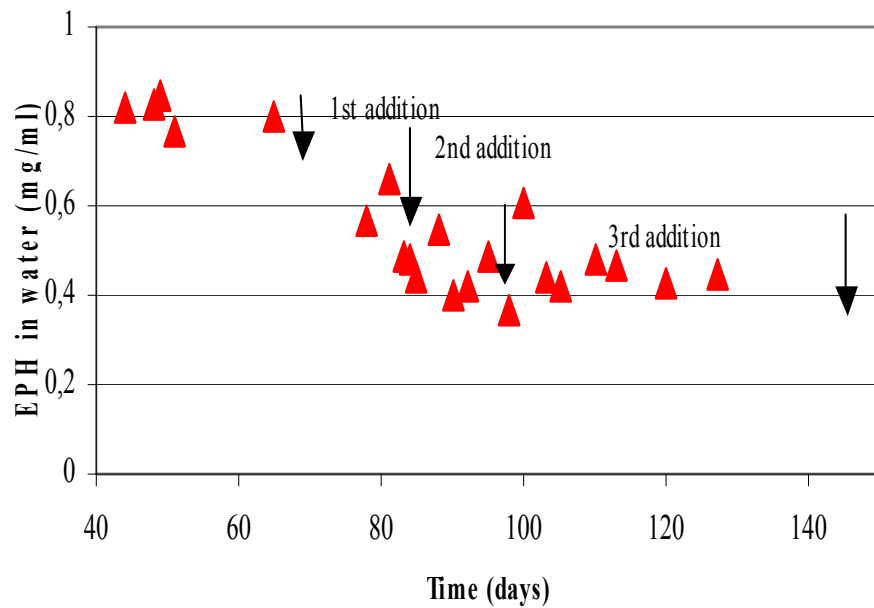
Talajvízkezeléssel fogyott: 2 kg

Összes fogyott szénhidrogén: 1 151 kg

Remediáció befejezése után vett magmintákból: talajban visszamérhető maradék: **12 kg**

Technológiamonitoring

**A mozgékony fázisok monitorozása alapján következtetünk a
remediáció előrehaladtára: kombinált kútból talajgáz- és talajvíz
nyerés és analízis**



A CDT környezeti kockázata

1. **A szennyezett terület maradék kockázata (célkockázat):** a talaj és talajvíz szennyezőanyag-tartalma határérték alá csökkent, három trófikus szint tesztorganizmusaival végzett környezettoxikológiai tesztek negatívak.

2. A technológia-alkalmazás kockázatai

2.1. Lokális kockázatok: a technológia kibocsátásai és más potenciális káros hatásai: pl. zaj, szállítás, szennyezőanyag-transzport talajvízzel, levegővel, talajban, toxikus intermedier, talajélet veszélyeztetés, stb.

Az in situ kezelt talajtérfogat soha nincs izolálva a talaj többi részétől (nyitott reaktor): korlátozni kell az esetleg mobilizálódó szennyezőanyag terjedését

- Illó szennyezőanyag esetében, a kiszívott gáz összegyűjtése és kezelése (nincs)
- Vízoldható szennyezőanyag esetében a vízzel való terjedés korlátozása
 - a talajnedvesítés a vízmegkötő-képesség határáig
 - talajvízszint süllyesztés (**CDT**).
- Az adalékanyagok (tápanyagok, RAMEB) kockázatának megismerése és csökkentése (szükséges mennyiség adagolása, biodegradáció figyelembe vétele)
- Az eredetileg nem vízoldható szennyezőanyag mobilizálódás: a talajvíz kiszivattyúzása és felszínen kezelése.

2.2. Globális kockázatok: a technológia energiafelhasználása, időigénye

A technológia gazdasági értékelése

- **Költség-haszon felmérés:** kvantitatív döntéstámogató rendszer, amely pénzértékben fejezi ki a döntési változatok költségeit és hasznait. A technológián kívül a jövőbeni területhasználat, a terület értéke és haszna is befolyásolják.
- **Költség-hatékonyság felmérés:** technológia-alternatívák értékelésére használható, konkrét jövőbeni területhasználatot feltételezve
 - Azonos célértékhez és jövőbeni használathoz tartozó alternatívák összehasonlítására
 - Fajlagos költségek alapján választunk a technológiai alternatívák között
 - A fajlagos mutatók vonatkozhatnak a szennyezett terület nagyságára, a szennyezett talajtérfogatra vagy a kezelt talajmennyiségre.
- A technológia *időigénye* kiemelt fontosságú és meghatározó

A CDT időigénye és gazdasági értékelése

- Nehezen biodegradálódó talajszennyező anyag bioremediációja: 2–3 év
- A CDT technológia időigénye: 1–1,5 év
- Nehezen bomló szennyezőanyagok esetén az időnyereség: 1–1,5 év

Költség-hatékonyság felmérés: transzformátorállomás remediációs alternatívái

- MNA: monitorozott természetes szennyezőanyagcsökkenés (15 év)
- Talajcsere: kitermelés, talajkezelő telepen kezelés + talajvíz kezelése (0)
- Ex-situ: on site talajkezelés + tavas vízkezelés (2,5 év)
- „Pump and treat”: in situ talajmosás + ex situ vízkezelés (10 év)
 - * „Pump and treat” alternatívája ciklodextrines mosással (USA példa) (5 év)
- In situ bioventilláció (2,5 év)
- In situ bioventilláció + RAMEB (1,5 év)

A CDT költség-hatékonysága

A kockázatcsökkentési alternatívák becsült fajlagos költsége

	"0" MNA	Talajesere <i>ex situ</i> off site	<i>Ex situ</i> on site	<i>In situ</i> talaj- mosás+ <i>ex</i> <i>situ</i> vízkez.	<i>In situ</i> bio- ventilláció	<i>In situ</i> bio- ventilláció +RAMEB
<i>Kezelés ideje</i>	15 év	0	2,5 év	10 év	2,5 év	1,5 év
<i>Talajmennyiség (t)</i>		1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Állapotfelmérés	300	300	300	300	300	300
Kockázatfelmérés	300	300	300	300	300	300
Technológia tervezés	-	100	1 000	1 000	1 000	1 000
Kitermelés	-	3 000	3 000	-	-	-
Szállítás	-	5 000	-	-	-	-
Póttalaj	-	10 000	-	-	-	-
Beruházás	-	-	1 500	1 500	2 500	2 500
Működtetés	-	-	5 000	20 000	3 000	1 800
Talajmosás alternatíva*				*10 000		
Telepre befogadás	-	5 000	-	-	-	-
Technológiamonitoring	15 év mon.	-	750	450	750	450
Utómonitoring	4 500	300	300	3 000	900	900
CD/ (egyéb adalék)	-	-	-	- (*2 000)	-	5 400
Kutas vízkezelés beruházás	-	3 000	-	3 000	3 000	3 000
Kutas vízkezelés működés	-	3 000	-	20 000 *10 000	5 000	3 000
Tavas vízkezelés beruházás	-	-	1 000			
Tavas vízkezelés működés	-	-	2 500			
Összes költség (eFt)	5 100	30 000	15 650	49 550 27 550	16 750	18 650
Fajlagos költség (eFt/t) 1 tonna talajra vonatkoztatva	5,10	30,00	15,65	49,55 27,55*	16,75	18,65

ERŐSSÉGEK

- Az általunk alkalmazott adalékok az alkalmazott technológiai paraméterek mellett a környezetre nem kockázatosak.
- Technológiai paraméterek optimumon működtetése megoldható.
- Ciklodextrinek alkalmazása szerves szennyezőanyaggal szennyezett talajoknál újszerű, hatékony.
- A RAMEB biodegradálhatóságának mértéke ideális, nagyságrendben azonos a technológia-alkalmazás időtartamával, tehát az alkalmazás során hat, annak végeztével eltűnik.
- A ciklodextrinek növelik a biológiai hozzáférhetőséget, alkalmazásukkal a lassan bomló szennyezőanyagok biodegradálhatósága számottevően meggyorsítható, veszélyes anyagok toxikus hatása csökkenthető.

LEHETŐSÉGEK

- A bioremediáció hatékonyságának növelésével versenyképes technológia lehet.
- A biotechnológiák fejlődésével a technológia alkalmazás költsége is csökkenhet, egyes adalékok (RAMEB) ára szintén csökkenő tendenciát mutat.
- Versenyképes alternatívává válik a jövőbeni használatokból eredő hasznok, és a kockázat-csökkenés figyelembevételével.
- A talajvédelem felerősödésével, komolyabb szabályozásával a „tiszta” környezetvédelmi technológiák nagyobb szerepet kaphatnak.

GYENGESÉGEK

- A ciklodextrinek viszonylag magas ára rontja költség-hason mérleget.
- Az adalékanyagok engedélyeztetése problémát jelenthet, Magyarországon nem szabályozott.
- A technológiából történő kibocsátás kontrollját technológiailag meg kell oldani és monitorozni kell.
- A területen hosszú időn keresztül utómonitoringot kell folytatni, ennek többletköltsége rontja a költség-hason mérleget.

VESZÉLYEK

- A természetes folyamatokra alapozó biotechnológia nagyon elhúzódhat.
- A szennyezőanyag mobilizálásán alapuló *in situ* technológiák veszélyeztethetik a környezetet. A megfelelő monitoring-rendszerrel azonban az *in situ* technológiák kibocsátása is jól kontrollálható.
- A bontás során toxikus, kockázatot jelentő termékek keletkezhetnek. Ez a probléma elkerülhető a biodegradáció mechanizmusának ismeretében.