



Doktori (Ph.D.) értekezés

Korszerű környezeti hatásvizsgálati mennyiségi módszer fejlesztése

DOI: 10.18136/PE.2015.582

Készítette: Fejes Lászlóné Utasi Anett

okl. környezetmérnök

Témavezető: Dr. Rédey Ákos

ny. egyetemi tanár



Pannon Egyetem

Vegyészmérnöki Tudományok és Anyagtudományok Doktori Iskola

2015.

**KORSZERŰ KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLATI MENNYISÉGI
MÓDSZER FEJLESZTÉSE**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:
Fejes Lászlóné Utasi Anett
tanársegéd

Készült a Pannon Egyetem Vegyészmérnöki Tudományok és Anyagtudományok Doktori
Iskolája keretében

Témavezető: Dr. Rédey Ákos, ny. egyetemi tanár

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton%-ot ért el,

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Veszprém, 2015.

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDHT elnöke

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS.....	1
ÁBRAJEGYZÉK.....	3
TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	5
JELÖLÉSJEGYZÉK	9
I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	14
1 A KÖRNYEZETÁLLAPOT-ÉRTÉKELÉS KIALAKULÁSA	17
1.1 NEMZETKÖZI KITEKINTÉS	17
1.2 KÖRNYEZETÁLLAPOT-ÉRTÉKELÉS AZ EURÓPAI UNIÓBAN.....	19
1.3 A KÖRNYEZETÁLLAPOT-ÉRTÉKELÉS HAZAI SZABÁLYOZÁSA.....	20
2 A KÖRNYEZETÁLLAPOT-ÉRTÉKELÉS MENETE ÉS MÓDSZERTANA.....	30
2.1 A KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLAT FOLYAMATA	31
2.2 KÖRNYEZETI HATÁS AZONOSÍTÁSÁNAK MÓDSZERTANA	33
3 MENNYISÉGI MÓDSZEREK A KÖRNYEZETÁLLAPOT-ÉRTÉKELÉSBEN.....	35
3.1 KOMPLEX KÖRNYEZETSZENNYEZÉSI INDEX MEGHATÁROZÁSA.....	35
3.2 INTEGRÁLT MENNYISÉGI MÓDSZER	37
3.3 A BATTLE-FÉLE KÖRNYEZETÉRTÉKELÉSI RENDSZER	41
3.4 A TOPSIS ÉS SAW MÓDSZER.....	43
4 AZ IRODALOM KRITIKAI ÁTTEKINTÉSE	48
II. KÍSÉRLETI RÉSZ	51
5 KÖRNYEZETÁLLAPOT-ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA ESETTANULMÁNYOK ALAPJÁN.....	53
5.1 I. ESETTANULMÁNY: ZIRC VÁROS KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ ÁLLAPOTÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREKKEL.....	54
5.1.1 Zirc város környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel.....	58
5.1.2 Zirc város környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel	66
5.1.3 Zirc város környezetállapotának vizsgálata a Battelle módszerrel	75
5.1.4 Zirc város környezetállapot-értékelése a TOPSIS-SAW módszerrel.....	91
5.1.5 Értékelés Zirc város környezetállapot vizsgálatáról	106
5.2 II. ESETTANULMÁNY: A FEJÉR MEGYEI TELEPHELYŰ DMHU AUTÓIPARI BESZÁLLÍTÓ VÁLLALAT VIZSGÁLATA	109
5.2.1 DMHU – Székesfehérvári autóipari beszállító vállalat környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel.....	111
5.2.2 DMHU – Székesfehérvári autóipari beszállító vállalat környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel	114
5.2.3 DMHU – Székesfehérvári autóipari beszállító vállalat környezetállapotának vizsgálata a Battelle módszerrel.....	116
5.2.4 DMHU – Székesfehérvári autóipari beszállító vállalat környezetállapotának vizsgálata az TOPSIS-SAW módszerrel	118
5.2.5 Értékelés a DMHU környezetállapotának vizsgálatáról	118
5.3 III. ESETTANULMÁNY: AZ „AJKAI VÖRÖSISZAP KATASZTRÓFA” KÖRNYEZETI HATÁSAI	120
5.3.1 Kolontár környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel.....	122
5.3.2 Kolontár környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel.....	125
5.3.3 Kolontár környezetállapotának vizsgálata a Battelle módszerrel.....	127
5.3.4 Kolontár környezetállapotának vizsgálata a TOPSIS-SAW módszerrel	129
5.3.5 Értékelés az „ajkai vörösiszap katasztrófa” környezetállapot vizsgálatáról	129
5.4 IV. ESETTANULMÁNY: BALATON KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA.....	131

5.4.1	Balaton környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel.....	132
5.4.2	Balaton környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel.....	134
5.4.3	Balaton környezetállapotának vizsgálata az Battelle módszerrel.....	136
5.4.4	Balaton környezetállapotának vizsgálata az TOPSIS-SAW módszerrel.....	137
5.4.5	Értékelés a Balaton környezetállapotának vizsgálatáról.....	138
5.5	KONKLÚZIÓ A NÉGY ESETTANULMÁNY ALAPJÁN A VIZSGÁLT MENNYISÉGI MÓDSZEREK HASZNÁLHATÓSÁGÁRÓL...	140
6	INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX	143
6.1	AZ INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX MÓDSZER METÓDUSA.....	143
6.1.1	Környezeti referencia adatbázis meghatározása.....	145
6.1.2	Környezeti paraméter szintű elemzés.....	146
6.1.3	Környezeti elem szintű értékelés.....	150
6.1.4	Környezetelemzés.....	154
6.2	ZIRC VÁROS KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX MÓDSZERREL	158
6.3	A DMHU VÁLLALAT KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX MÓDSZERREL	169
6.4	KOLONTÁR KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX MÓDSZERREL	176
6.5	A BALATON KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX MÓDSZERREL	184
6.6	ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS AZ INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX (I_{KMI}) MÓDSZERRŐL	191
7	A VIZSGÁLT MENNYISÉGI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	193
7.1	A VIZSGÁLT MENNYISÉGI MÓDSZEREK ELEMZÉSE EGYSZERŰ ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSEL	193
7.2	A VIZSGÁLT MENNYISÉGI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA DEAN ÉS NISHRY PÁROS MÓDSZERE ALAPÁN	195
7.3	A VIZSGÁLT MENNYISÉGI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSE	198
8	TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	201
9	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	201
10	FELHASZNÁLT IRODALOM	206
11	MELLÉKLETEK	219
11.1	MELLÉKLET AZ I. ESETTANULMÁNYHOZ: KÖRNYEZETMINŐSÉGI OSZTÁLYJEGYEK MEGHATÁROZÁSA ZIRC VÁROS ESETÉBEN	219
11.2	MELLÉKLET AZ I. ESETTANULMÁNYHOZ: KÖRNYEZETI ELEMJEGY MEGHATÁROZÁSA ZIRC VÁROS ESETÉBEN	225
11.3	MELLÉKLET AZ I. ESETTANULMÁNYHOZ: KÖRNYEZETI PARAMÉTEREK MINŐSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA ZIRC VÁROS VONATKOZÁSÁBAN	226
11.4	MELLÉKLET AZ I. ESETTANULMÁNYHOZ: ZIRC VÁROS KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK BATTLE MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATÁHOZ SZÜKSÉGES SEGÉDDIAGRAMOK.....	231
11.5	MELLÉKLET A II. ESETTANULMÁNYHOZ: DMHU KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK BATTLE MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATÁHOZ SZÜKSÉGES SEGÉDDIAGRAMOK.....	234
11.6	MELLÉKLET A III. ESETTANULMÁNYHOZ: KOLONTÁR KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK BATTLE MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATÁHOZ HASZNÁLT DIAGRAMOK	247
11.7	MELLÉKLET A IV. ESETTANULMÁNYHOZ: KÖRNYEZETMINŐSÉGI OSZTÁLYJEGYEK MEGHATÁROZÁSA A BALATON ESETÉBEN	256
11.8	MELLÉKLET A IV. ESETTANULMÁNYHOZ: A BALATON INTEGRÁLT MENNYISÉGI MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATÁNAK MINŐSÉGI INDEXEI ÉS KÖRNYEZETI HATÁSÉRTÉKEI	261
11.9	MELLÉKLET A IV. ESETTANULMÁNYHOZ: A BALATON KÖRNYEZETÁLLAPOTÁNAK BATTLE MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATÁHOZ SZÜKSÉGES SEGÉDDIAGRAMOK.....	263
11.10	MELLÉKLET: AZ INFORMATÍV KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ INDEX MÓDSZER KÖRNYEZETI ELEMJEK/KOMPONENSEKRE VONATKOZÓ KÖRNYEZETI REFERENCIA ADATBÁZISA	265
11.11	MELLÉKLET: A VIZSGÁLT MENNYISÉGI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSE A KRITÉRIUMOK ALAPJÁN..	275

Kivonat

Környezetünk állapota a gazdaság fejlődése, a fokozódó termelés, a fogyasztói társadalomnak köszönhetően számtalan módon és korábban soha nem tapasztalt mértékben, kedvezőtlen irányban változik. Az Európai Unió elhivatott annak érdekében, hogy a mai környezetvédelmi kihívások leküzdése érdekében konkrét intézkedésként írja elő a környezeti vizsgálatok körének kiszélesítését. Napjaink környezetvédelmének alapvető feladata a megelőzés, a környezetminőség, ezen keresztül az életminőség javítása, melynek nélkülözhetetlen tevékenysége a környezetállapot-értékelés, mely a prevenció mellett igen fontos szerepet játszik a környezetszabályozás gyakorlati megvalósítása esetében is.

Dolgozatom cékitűzése egy olyan objektív, megbízható, új típusú környezetállapot-értékelő mennyiségi módszer kifejlesztése, amely különböző projektek, beruházások, tervek, javaslatok esetében könnyen adaptálható módon alkalmazható, emellett egyértelmű és jól interpretálható eredményeket szolgáltat a környezet állapotában bekövetkező/várható változásokról.

Kutatásom során négy esettanulmányt dolgoztam fel – Zirc város vizsgálatával egy települési környezet állapotváltozását elemeztem hét éves (2006-2013) periódusra vonatkozóan; egy multinacionális autópári beszállító vállalat (DENSO Manufacturing Hungary Kft., (DMHU)) környezeti teljesítményének mérését végeztem el; hazánk legnagyobb ipari, a 2010. évi ajkai vörösiszap környezeti katasztrófájának, az eseményt követő környezeti állapotát értékeltem a katasztrófát követően mért szennyezettségi adatok alapján; a Balaton, mint megkülönböztetett természeti érték környezetállapotának összehasonlítását vizsgáltam a Balaton 10 különböző helyszínéről származó mérési eredmények alapján – négy különböző, az irodalomban rendelkezésre álló mennyiségi környezetállapot-értékelési módszer alkalmazásával, azzal a célkitűzéssel, hogy az értékelések alapján egy új típusú megközelítést dolgozzak ki a környezetállapot-értékelés kvantitatív módszereinek a területén.

A disszertációmban egy új típusú környezetállapot-értékelést szolgáló mennyiségi módszert, az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszert fejlesztettem ki és a módszer alkalmazhatóságát és megfelelőségét a korábban vizsgált négy esettanulmány esetében igazoltam. Validáltam az eredményeket, ezáltal bizonyítottam a módszer alkalmazhatóságát, illetve a vonatkozó kritériumoknak és elvárásoknak történő megfelelőségét. Bevezettem a környezetterhelési jellemzőt (R_Q), mely a vizsgált terület igénybevitelét/terheltségét fejezi ki. A környezetterhelési jellemző a döntéshozatali eljárásban a helyszín alternatíva kiválasztását illetően alkalmazható.

Kulcsszavak: környezetállapot-értékelés, mennyiségi módszer, informatív környezetminősítő index

Abstract

The state of the environment has been changing drastically into an unfavorable direction due to the economical development, drastic growth in the population, the increase in production and consumption resulting in an extreme severe environmental pollution, and due to several reasons. The European Union has been committed itself to introduce actions and measures in order to make preventive steps to protect the environment. Regarding the immediate actions to be implemented the protection of the environment is an essential objective of the prevention. The improvement of the quality of the environment and through this the improvement of the quality of life including the environmental impact assessment and environmental management play an important role in the practical implementation of the environmental regulations.

The goal of my thesis was to develop a new type of quantitative method to describe the changes in the environmental elements and in the environment in an objective and reliable manner for various projects and investments, plans, proposals. It was aimed at to devise a method to be easily adaptable which provides a clear and well-interpretable result on the condition of the environment/expected changes.

During my research I studied four cases including the environmental status of Zirc City as an urban environment. It was analyzed for a period of seven years (2006-2013). I carried out an analysis on the environmental performance evaluation of a multinational automotive part supplier company (DENSO Manufacturing Hungary). Hungary's largest industrial disaster, the 2010 Ajka red mud disaster was studied as well, the environmental status of the incident was evaluated on the basis of measured pollution data following the disaster. The last studied case was the Lake Balaton, having a distinguished natural value. It was examined with the aim to compare the environmental condition on the basis of water chemistry measurements on the Lake at 10 different sites. Four different quantitative environment assessment methods available in the literature were used in the first stage with the objective that, based on the evaluations, a new type of approach and method in the environmental quantitative evaluation (2nd stage) is to be developed.

The dissertation is focused on a novel quantitative method for the evaluation of the state of the environment. The informative environment rating index (I_{KMI}) was developed within the framework of the method and the applicability and adequacy of it was proved in the four case studies. I validated the results and in this way the applicability of the method and compliance with the applicable criteria and standards were justified. The environmental load characteristics (R_Q) was introduced, which describes the impact of a given action on the environment. The environmental load characteristics can be expediently used in the decision-making process regarding the choice of an alternative site to be used.

Keywords: environmental impact assessment, quantitative methods, informative environment qualifying index

Zusammenfassung

Der Zustand der Umwelt hat sich drastisch in eine ungünstige/negative Richtung verändert. Gründe für diese extremen Umweltbelastungen sind wirtschaftliche Entwicklungen, enormes Wachstum der Bevölkerung und die Zunahme der Produktion und des Verbrauchs. Die Europäische Union hat sich verpflichtet Maßnahmen zum vorbeugenden Schutz der Umwelt durchzuführen. Das Umsetzen von Sofortmaßnahmen dient der Prävention, dem Schutz und der Verbesserung der Umwelt, wodurch auch die Lebensqualität gesteigert wird. Dabei spielen Werkzeuge wie die Umweltverträglichkeitsprüfung und das Umweltmanagement bei der praktischen Umsetzung der Umweltvorschriften eine große Rolle.

Das Ziel meiner Arbeit war es eine neue quantitative Methode zu entwickeln, welche Änderungen in den Umweltkomponenten und in der Umwelt auf eine objektive und zuverlässige Weise beschreibt und welche als Verfahren für verschiedene Projekte, Investitionen, Pläne und Vorschläge genutzt werden kann. Die Methode soll einfach anwendbar sein und ein klares und gut interpretierbares Ergebnis über den Zustand der Umwelt / über die zu erwartenden Veränderungen liefern.

Während meiner Forschungen untersuchte ich vier Fälle, einschließlich den Umweltzustand der Stadt Zirc als eine urbane Umgebung. Es wurde über einen Zeitraum von sieben Jahren (2006-2013) analysiert. Ich führte eine Analyse der Umwelleistungsbewertung eines multinationalen Automobilzulieferers (DENSO Manufacturing Hungary) durch. Auch die größte Industriekatastrophe Ungarns im Jahr 2010, die sogenannte „Ajka Rotschlamm-Katastrophe“, wurde auf der Basis der gemessenen Daten nach der Verschmutzung untersucht. Der letzte Fall war der See „Balaton“ mit seinen ansteigenden Naturwerten. Auf der Grundlage von 10 verschiedenen Messstandorten wurden die Umweltbedingungen des Sees verglichen. Aus der Literatur stehen vier unterschiedliche quantitative Umweltbewertungsverfahren zur Verfügung und wurden in der ersten Stufe verwendet. Basierend auf deren Auswertungen wurde in der zweiten Stufe eine neue Methode zur quantitativen Umweltbewertung entwickelt.

Die Dissertation basiert auf eine neuartige quantitative Methode zur Beurteilung des Zustandes der Umwelt. Der informative Umweltbewertungs-Index (IKMI) wurde im Rahmen des Verfahrens entwickelt und dessen Anwendbarkeit und Angemessenheit anhand der vier Fallstudien geprüft. Die Ergebnisse wurden validiert und mit den geltenden Kriterien und Standards abgeglichen, sodass die Anwendbarkeit der Methode bestätigt werden konnte. Die Umweltbelastungseigenschaften (RQ) wurden eingeführt, welche die Auswirkungen einer Maßnahme auf die Umwelt beschreibt. Die Umweltbelastungseigenschaften können bei Entscheidungsfindungen zur Wahl eines alternativen Standortes genutzt werden.

Stichworte: Umweltfolgenabschätzung, quantitative Methoden, informative Umweltbewertungs-Index

Bevezetés

Globális környezet-állapotunkat tekintve elmondható, hogy a ma élő ember az ipari és a gazdasági fejlődésnek köszönhetően számtalan módon és korábban soha nem tapasztalt mértékben kedvezőtlen irányban változtatta és változtatja meg környezetünk állapotát. Ennek eredményeképpen mindannyian tapasztalhatjuk a globális éghajlatváltozás drasztikus következményeit: vízhiány, éhínségek, terjedő betegségek, migráció, stb. [1][2][3][4][5][6][7][8].

E változásokat felismerve az Európai Unió hatodik környezetvédelmi cselekvési programjában 2002-ben deklarálta, hogy az elkövetkező időszak legnagyobb kihívása a klímaváltozás lesz [9]. Emiatt az Európai Unió egyik célja az üvegházhatású gázok olyan szintű csökkentése, hogy-e gázok jelenlétükkel ne befolyásolhassák mesterségesen a Föld globális klímaváltozását. Az Európai Unió elhivatott annak érdekében, hogy a mai környezetvédelmi kihívások leküzdése az egyre szigorodó jogi szabályozások mellett a fenntartható fejlődés stratégiai megközelítése kapjon egyre nagyobb hangsúlyt [10]. A jogszabályok hatékony végrehajtásának javítása érdekében konkrét intézkedésként írja elő a környezeti vizsgálatok körének kiszélesítését.

Miután Magyarország 3. Nemzeti Környezetvédelmi Programja 2014-ben zárult [11], az Európai Unió 7. „Jólét bolygónk felélése nélkül” című cselekvési programjának célkitűzéseit [12] figyelembe véve megalkotja – jelenleg is folyamatban van – 4. Nemzeti Környezetvédelmi Programját a 2014-2020 időszakra, mely a környezetvédelemmel kapcsolatos korábbi tevékenységek folytatására, illetve további fejlesztésére ad felhatalmazást [13].

Magyarországon a korábbi időszakban bekövetkezett környezetszennyezések nagy része mára felszámolásra, kármentesítésre került. Számos projektet, fejlesztési beruházást kezdeményezett a Nemzeti Fejlesztési Terv és az Új Magyarország Fejlesztési Terv a szennyezett területek rehabilitációja érdekében. Ezzel párhuzamosan napjaink környezetvédelmének alapvető feladata, már a megelőzés kell, hogy legyen. E tevékenységek szolgálatába állítható és e feladatok nélkülözhetetlen tevékenysége a környezetállapot-értékelés, mely a prevenció mellett igen fontos szerepet játszik a környezetszabályozás gyakorlati megvalósítása esetében is.

Emiatt dolgozatomban célul tűztem ki egy olyan objektív, megbízható új környezetállapot-értékelő mennyiségi módszer kifejlesztését, amely különböző projektek, tervek, javaslatok esetében könnyen adaptálható módon használható, emellett egyértelmű és konzekvens eredményeket szolgáltat.

Az általam vizsgált esettanulmányok értékelésével az irodalmi mennyiségi módszerek széleskörű megismerése volt a célom, hogy ezáltal erősségeik figyelembevételével és gyengeségeik kiküszöbölésével egy széles körben alkalmazható, szemléletes új módszer alapjait fektethessem le, illetve bizonyítsam annak alkalmazhatóságát.

Ábrajegyzék

1. ábra: A környezetvédelmi érdekek és a gazdasági stratégia közötti kapcsolatrendszer	15
2. ábra: A környezetállapot-értékelés gyakorlati alkalmazásai	26
3. ábra: A zirci levegőminőségi és vízvizsgálati mérési pontok elhelyezkedése	56
4. ábra: A környezetszennyezési index módszer lépései	58
5. ábra: Zirc város vizsgálata I_{PG} módszerrel időpontonként és mérési helyszínenként összehasonlítva ...	65
6. ábra: Az integrált mennyiségi módszer lépései	67
7. ábra: Zirc város vizsgálata integrált mennyiségi módszerrel időpontonként és mérési helyszínenként összehasonlítva	72
8. ábra: Felszíni víz vezetőképességi paraméterének környezetminőségi skálaértéke	76
9. ábra: Felszíni víz K _{OI} paraméterének környezetminőségi skálaértéke	76
10. ábra: Felszíni víz NO_3^- paraméterének környezetminőségi skálaértéke	76
11. ábra: Felszíni víz NH_4^+ paraméterének környezetminőségi skálaértéke	77
12. ábra: Felszíni víz Fe paraméterének környezetminőségi skálaértéke	77
13. ábra: Felszíni víz PO_4^{3-} paraméterének környezetminőségi skálaértéke	77
14. ábra: Zirc város környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához felállított környezetértékelési rendszer	81
15. ábra: Zirc város környezetállapot-értékelése során mért környezeti paraméterek PFE értékei	85
16. ábra: Zirc város vizsgálata Battelle módszerrel	88
17. ábra: Zirc város vizsgálata továbbfejlesztett Battelle módszerrel	88
18. ábra: Zirc város vizsgálata TOPSIS-SAW módszerrel mérési helyszínenként és mérési időpontonként összehasonlítva	105
19. ábra: Zirc város környezetállapotának vizsgálata mennyiségi módszerekkel	107
19. ábra folytatása: Zirc város környezetállapotának vizsgálata mennyiségi módszerekkel	108
20. ábra: DMHU környezeti állapotának mennyiségi módszerekkel történő vizsgálatából származó értékelő diagramok	119
21. ábra: A „vörösiszap katasztrófát” követően vizsgált környezeti paraméterek mintavételi helyszíne	120
22. ábra: A „vörösiszap katasztrófát” követően vizsgált környezeti elemek környezeti paraméterei	121
23. ábra: Kolontár környezeti állapotának mennyiségi módszerekkel történő vizsgálatából származó értékelő diagramok	130
24. ábra: A Balaton műholdképe, a 10 mintavételi hely megjelölésével	131
25. ábra: A Balaton környezeti állapotának mennyiségi módszerekkel történő vizsgálatából származó értékelő diagramok	139
26. ábra: Az informatív környezetminősítő index módszer algoritmus	144
27. ábra: Példa egy 11 pontos értéktartományra illesztett természetes alapú logaritmikus görbére	145
28. ábra: A körcikk diagram értelmezése	147
29. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében	149
30. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében	150
31. ábra: A környezeti elem/komponens minőségi mutatója és a viszonyítási terület közötti kapcsolat	152
32. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise	153
33. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében (Zirc, felszíni víz, 2006. nyár, V1)	159
34. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében (Zirc, felszíni víz, 2006. nyár, V1)	160
35. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise (Zirc, felszíni víz, 2006. nyár, V1)	161
36. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében (Zirc, levegő, 2006. nyár, L1)	163
37. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében. (Zirc, levegő, 2006. nyár, L1)	163
38. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise (Zirc, levegő, 2006 nyár, L1)	164
39. ábra: Zirc város vizsgálata informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszerrel időpontonként és mérési helyszínenként összehasonlítva	168
40. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében elfolyó szennyvíz környezeti komponensre	171
41. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében elfolyó szennyvíz környezeti komponensre	171
42. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében levegő környezeti elemre	172

43. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében levegő környezeti elemre	172
44. ábra: A környezeti komponens mennyiségi analízise (DMHU, elfolyó szennyvíz)	173
45. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise (DMHU, levegő)	173
46. ábra: A DMHU környezeti teljesítményének informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatából származó értékelő diagram	174
47. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében felszíni víz környezeti elemre	178
48. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében felszíni víz környezeti elemre	178
49. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében felszín alatti víz környezeti elemre	179
50. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében felszín alatti víz környezeti elemre	179
51. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében földtani közeg környezeti elemre	180
52. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében földtani közeg környezeti elemre	180
53. ábra: Felszíni víz környezeti elem mennyiségi analízise (Kolontár)	181
54. ábra: Felszín alatti víz környezeti elem mennyiségi analízise (Kolontár)	181
55. ábra: Földtani közeg környezeti elem mennyiségi analízise (Kolontár)	181
56. ábra: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatából származó értékelő diagram	182
57. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében.....	185
58. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében	185
59. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise (Balaton, L1)	186
60. ábra: A Balaton környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatából származó értékelő diagram	188
61. ábra: A Balaton környezetállapotának összehasonlítása a mennyiségi módszerek által szolgáltatott eredmények alapján	190
62. ábra: Az esettanulmányok informatív környezetminősítő index módszerrel történt vizsgálatával számolt környezetterhelési jellemző (R_Q) értékek összehasonlítása	192

Táblázatjegyzék

1. táblázat: A környezetállapot-értékeléshez kapcsolható különböző eljárások	29
2. táblázat: Környezetminőségi osztály jegyek	36
3. táblázat: A környezet állapota az I_{PG} érték alapján	37
4. táblázat: A környezeti elemek mátrixa	37
5. táblázat: A standardizált pontszám és a fontossági egység meghatározása	38
6. táblázat: A környezeti hatás és a környezeti kockázat osztályozása	40
7. táblázat: Alapmátrix általános felírása.....	43
8. táblázat: Normalizált-súlyozott mátrix általános felírása	44
9. táblázat: Legkisebb értéktől való távolságok.....	45
10. táblázat: Legnagyobb értéktől való távolságok.....	45
11. táblázat: A vizsgált környezetállapot-értékelést támogató mennyiségi módszerek végeredményeinek értelmezése.....	50
12. táblázat: Zirc város területén mért adatok helyszínei és időpontjai illetve időtartamai.....	55
13. táblázat: Zirc város területén 2006-ban és 2013-ban mért vízminőségi alapadatok.....	56
14. táblázat: Zirc város területén 2006-ban és 2013-ban mért levegőminőségi alapadatok	57
15. táblázat: Zirci vízminőségi vizsgálatok eredménye, adott időpontra és adott helyszínre (2006. nyár, V1).....	59
16. táblázat: Felszíni víz minőségi osztályok jegyeinek (J_{Ri}) összegző táblázata.....	60
17. táblázat: Zirci levegőminőségi vizsgálatok eredménye, adott időpontra és adott helyszínre (2006. nyár, L1)	60
18. táblázat: Légszennyezettségre vonatkozó minőségi osztályok jegyeinek (J_{Ai}) összegző táblázata Zirc város levegőminőségi vizsgálataira a teljes mérési időszakra	61
19. táblázat: A környezeti elemjegyek (J_{ei}) értékei Zirc város vonatkozásában a különböző mérési pontokban.....	62
20. táblázat: Zirc városra vonatkozó komplex környezetminőségi indexek (I_{PG}) vizsgálati eredménye időponttól és helyszíntől függően	64
21. táblázat: Zirc város környezeti elemeinek fontossági értéke az I_M módszer alkalmazásakor.....	68
22. táblázat: Az elemmátrix értékeinek megadása	68
23. táblázat: Zirc város környezetállapotának integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatának standardizált pontszámai (SN) és fontossági értékei (UI) az egyes környezeti elemekre	69
24. táblázat: Zirc város környezetállapotának vizsgálatakor az egyes ponton 2006. nyarán mért felszíni víz és levegőminőségi paraméterek alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatást összefoglaló táblázat.....	70
25. táblázat: Zirc város területén integrált mennyiségi módszerrel számolt környezeti hatás értékek felszíni víz (IM_R) és levegő (IM_A) környezeti elemre ((4) egyenlet).....	71
26. táblázat: Zirc város területén az integrált mennyiségi módszerrel számolt összesített környezeti hatás (IM_k) értékek az egyes mérési helyszínekre ((25) egyenlet)	71
27. táblázat: Zirc város integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálata során meghatározott környezeti kockázati értékek (RM_k) az egyes helyszínek illetve az egyes időpontok függvényében	72
28. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek környezeti paraméterenként a felszíni víz környezeti elemre	78
29. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek környezeti paraméterenként levegő környezeti elemre ...	78
30. táblázat: Környezeti hatásegység érték felszíni víz környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként	79
31. táblázat: Környezeti hatásegység értékek a levegő környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként	80
32. táblázat: Környezeti hatásegység érték a környezet egészére vonatkozóan, mérési időpontonként és mérési helyszínenként.....	80
33. táblázat: Zirc város Battelle módszerrel történő vizsgálata során meghatározott paraméterfontossági egység környezeti elemenként.....	82
34. táblázat: Zirc város Battelle módszerrel történő vizsgálata során meghatározott paraméterfontossági egysége a felszíni víz környezeti elem csoportokra.....	82
35. táblázat: A Zircen mért levegőminőségi komponensek határértékei.....	83

36. táblázat: Fordított arány számolása környezeti paraméterenként	83
37. táblázat: A levegő esetében mért környezeti paraméterek PFE értékének számítása	84
38. táblázat: A felszíni víz környezeti elem paramétereinek paraméterfontossági értékei	85
39. táblázat: Környezeti hatásegység érték felszíni víz környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként	86
40. táblázat: Környezeti hatásegység érték levegő környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként	86
41. táblázat: Környezeti hatásegység érték a környezet egészére vonatkozóan, mérési időpontonként és mérési helyszínenként.....	87
42. táblázat: Elemzés elvégzése során használandó értékelési skála	87
44. táblázat: A vízminőségi vizsgálatok alapmátrixa.....	92
45. táblázat: A normalizált mátrix meghatározása a vízminőségi alapadatokra Zirc város vonatkozásában.....	92
46. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemére vonatkozó súlyozott mátrix, a környezeti paraméterek legkisebb értékétől és a legnagyobb értékétől való eltérése	93
47. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elem esetében számított minimalizált értékek	94
48. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elem esetében számított maximalizált értékek	95
49. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemének TOPSIS módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között	96
50. táblázat: Zirc város felszíni víz minőségének vizsgálatához kapcsolódó környezeti paraméterek maximalizált értékei és a mátrix alternatívákhoz tartozó p_i értékek.....	98
51. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemének SAW módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között	98
52. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemének értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel meghatározott környezetminőségi rangsorok alapján.....	99
53. táblázat: A levegőminőségi vizsgálatok alapmátrixa	100
54. táblázat: A normalizált mátrix meghatározása a levegőminőségi alapadatok Zirc város vonatkozásában.....	100
55. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemére vonatkozó súlyozott mátrix	101
56. táblázat: Zirc város levegő környezeti elem esetében mért környezeti paraméterek legkisebb értékétől való eltérése és az alternatívák minimalizált értéke	101
57. táblázat: Zirc város levegő környezeti elem esetében mért környezeti paraméterek legnagyobb értékétől való eltérése és az alternatívák maximalizált értéke.....	102
58. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemének TOPSIS módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között	102
59. táblázat: Zirc város levegő minőségének vizsgálatához kapcsolódó környezeti paraméterek maximalizált értékei és a mátrix alternatívákhoz tartozó p_i értékek.....	103
60. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemének SAW módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között	103
61. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemének értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel meghatározott környezetminőségi rangsorok alapján.....	104
62. táblázat: Zirc város környezetállapotának értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel meghatározott környezetminőségi rangsorok alapján.....	105
63. táblázat: Kibocsátott elfolyóvíz szennyezőanyag koncentráció	109
64. táblázat: A DMHU Kft. pontforrásainak összegzett légszennyező anyag koncentrációja [118][119]	110
65. táblázat: A környezetminőségi osztályokba történő besorolás az elfolyóvíz környezeti komponens környezeti paramétereire I.....	111
66. táblázat: A környezetminőségi osztályokba történő besorolás az elfolyóvíz környezeti komponens környezeti paramétereire II.....	112
67. táblázat: környezetminőségi osztályokba történő besorolás a légszennyező környezeti komponens környezeti paramétereire I.....	112
68. táblázat: környezetminőségi osztályokba történő besorolás a légszennyező környezeti komponens környezeti paramétereire II.....	113
70. táblázat: A DMHU-ra vonatkozó komplex környezetszennyezési index vizsgálati eredménye.....	114
71. táblázat: A DMHU I_M módszerrel történő vizsgálata során meghatározott fontossági súlyokat, standardizált pontszámok (SN) és fontossági értékek (UI) az egyes környezeti elemekre	114

72. táblázat: A DMHU környezetállapotának vizsgálatok az elfolyóvíz és levegő környezeti komponensek vonatkozásaiban vizsgált környezeti paraméterek alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatások összefoglaló táblázata	115
73. táblázat: A DMHU integrált mennyiségi módszerrel számolt környezeti hatás (IM) és környezeti kockázat értékei (RM_k).....	116
74. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek és környezeti hatásegységek az elfolyóvíz környezeti komponens vonatkozásában a DMHU Battelle módszerrel történő vizsgálata esetén	117
77. táblázat: Környezeti paraméterek mérési eredményei (Kolontár, Kossuth Lajos utca és a vasúti átkelőhely kereszteződése, 2010. 10. 05.)	121
78. táblázat: Kolontár felszíni víz vizsgálatához tartozó környezeti paraméterek minőségi osztályait és az elemjegyeket összegző táblázat	123
79. táblázat: Kolontár felszín alatti víz vizsgálatához tartozó környezeti paraméterek minőségi osztályait és az elemjegyeket összegző táblázat.....	123
80. táblázat: Kolontár földtani közeg vizsgálatához tartozó környezeti paraméterek minőségi osztályait és az elemjegyeket összegző táblázat.....	124
81. táblázat: Kolontár környezetállapotának komplex környezetszennyezési index módszerrel végzett vizsgálatának eredményei	124
82. táblázat: Az elemmátrix értékei, a standardizált pontszámok és a fontossági értékek.....	125
83. táblázat: Kolontár környezetállapotának vizsgálata alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatás összefoglalása.....	125
82. táblázat folytatás: Kolontár környezetállapotának vizsgálata alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatás összefoglalása	126
84. táblázat: A vizsgálat során megállapított környezeti hatás és környezeti kockázat értékek.....	126
85. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek környezeti paraméterenként a környezeti elemekre vonatkoztatva.....	128
86. táblázat: A Balaton környezetállapotának vizsgálatához felhasznált mérési adatok mintavételi helyei, illetve a mért környezeti paraméterek.....	132
87. táblázat: A Balaton komplex környezetszennyezési index módszerrel történő értékelésének 1. mintavételi ponthoz tartozó adatokból kapott eredmények	133
88. táblázat: Az komplex környezetszennyezési index értékelés során számolt környezetminőségi osztályjegyek és I_{PG} értékek összefoglaló táblázata.....	133
89. táblázat: A Balaton környezetállapotának vizsgálata alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatást összefoglaló táblázat.	135
90. táblázat: A Balaton teljes felszínére vonatkozó környezeti hatás értékek és a környezeti kockázatotok	135
91. táblázat: A Balaton környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatok számolt környezetminőségi skálaértékek és környezeti hatásegységek környezeti paraméterenként az egyes mérési pontokra, valamint az összesített KHE értékek	136
92. táblázat: A Balaton vizsgálatok alkalmazott TOPSIS-SAW módszerek alapmátrixa	137
93. táblázat: A Balaton TOPSIS-SAW módszerekkel végzett vizsgálatok közbülső értékei, illetve a módszerekkel kialakított környezetminőségi rangsorok.....	138
94. táblázat: Példa a határérték szigorúsági konstans meghatározására.....	145
95. táblázat: Az informatív környezetminősítő index módszer alaptáblázata.....	146
96. táblázat: A vizsgált környezeti elem/komponens értékelését szolgáló elméleti viszonyítási területek	151
97. táblázat: Az informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezetállapot értékelés során kapott végeredmény (I_{KMI} érték) értelmezésére szolgáló táblázat.....	157
98. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei (felszíni víz, 2006. nyár, V1)	158
99. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának adatai felszíni víz tekintetében (2006. nyár, V1)	162
100. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei (levegő, 2006. nyár, L1).....	162
101. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának adatai levegő tekintetében (2006. nyár, L1)	165

102. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának adatai (2006. nyár, V1-L1)	165
103. táblázat: Az informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezetállapot értékelés során kapott végeredmény (I_{KMI} érték) értelmezésére szolgáló táblázat.....	166
104. táblázat: Zirc város informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának számszerű eredményei	167
105. táblázat: DMHU környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei	169
105. táblázat folytatása: DMHU környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei	170
106. táblázat: A DMHU környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának adatai	174
107. táblázat: A vizsgálat megbízhatóságát szemléltető adatok	175
108. táblázat: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei	176
109. táblázat: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának eredményei.....	181
110. táblázat: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának értékelő táblázata a vizsgált környezeti elemekre.....	182
111. táblázat: A vizsgálat megbízhatóságát szemléltető adatok	183
112. táblázat: A Balaton környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei	184
113. táblázat: A Balaton környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának I_{eMj} és M_{eMj} értékei a 10 mérési helyszínre számolva	186
114. táblázat: A vizsgálat megbízhatóságát szemléltető adatok	188
115. táblázat: A felhasznált irodalmi módszerek összehasonlítása a saját fejlesztésű I_{KMI} módszerrel... 193	193
115. táblázat folytatása: A felhasznált irodalmi módszerek összehasonlítása a saját fejlesztésű I_{KMI} módszerrel	194
117. táblázat: A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlító értékelése az 1. kritérium alapján.....	197
118. táblázat: A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlító értékelése.....	197

Jelölésjegyzék

- a** – környezeti elemszám (I_{PG} módszer).
- A** – alsó index, jelentése Air, levegő.
- ACC** – alternative choice coefficient (alternatív választási együttható).
- A_p** – viszonyítási terület a környezeti elem szintű értékelésnél (I_{KMI} módszer).
- A_q** – viszonyítási terület a környezet szintű értékelésnél (I_{KMI} módszer).
- C*** – mátrix sor relatív távolsága (TOPSIS-SAW módszer).
- C_d** – környezeti paraméter mért értéke (I_M módszer).
- C_{MA}** – környezeti paraméter jogszabályban meghatározott határértéke (amennyiben a környezeti paraméterre nincs határérték, az elérni kívánt célérték) (I_M módszer).
- DMHU**– DENSO Manufacturing Hungary Ltd.
- DOE** – Department of the Environment (United Kingdom)
- e** – alsó index, jelentése környezeti elem.
- E** – alsó index, jelentése elméleti (I_{KMI} módszer).
- ε** – a semleges pH (7) értékétől való eltérés.
- EEA** – European Environment Agency (Európai Környezeti Hivatal).
- É_H** – környezeti paraméter határértéke (I_{KMI} módszer).
- EK** – Európai Gazdasági Közösség.
- EKHE**– egységes környezethasználati engedély vagy engedélyezési eljárás.
- É_M** – környezeti paraméter mért értéke (I_{KMI} módszer).
- EOV** – egységes országos vetület.

-
- EU** – Európai Unió.
- F_{eM}** – környezeti elem minőségi faktora.
- FIC** – factor-importance coefficient (faktor fontossági együttható).
- F_{PM}** – környezeti paraméter minőségi faktora.
- FSZ** – felszámolás.
- FV** – felülvizsgálat.
- G** – alsó index, jelentése gyakorlati (I_{KMI} módszer).
- G** – alsó index, jelentése Groundwater, felszín alatti víz.
- i** – alsó index, környezeti paraméterre vonatkozó adat.
- IEA** – Integrated Environmental Assessment (integrált környezeti hatásvizsgálat).
- I_{eM}** – környezeti elem minőségi index (I_{KMI} módszer).
- I_{KMI}** – informatív környezetminősítő index (I_{KMI} módszer).
- I_M** – integrált mennyiségi környezetfelmérő módszer.
- IM** – környezeti hatás (I_M módszer).
- I_{PG}** – komplex környezetszennyezési index (I_{PG} módszer).
- I_{PM}** – paraméter minőségi index (I_{KMI} módszer).
- IPPC** – Integrated Pollution Prevention and Control (a környezetszennyezés integrált megelőzése és csökkentése).
- j** – alsó index, jelentése környezeti elemre/komponensre vonatkozó adat.
- J** – környezeti paraméter minőségi osztály jegye (I_{PG} módszer).
- J_e** – környezeti elem jegye (I_{PG} módszer).
- J_k** – környezeti informativitási jellemző (I_{KMI} módszer).

-
- k** – alsó index, jelentése környezet egésze.
- K** – mátrix kritérium (TOPSIS-SAW módszer).
- KÁÉ** – környezetállapot-értékelés.
- KÉR** – környezetértékelési rendszer (Battelle módszer).
- KHE** – környezeti hatásegység (Battelle módszer).
- K_{HÉS}Z** – határérték szigorúsági konstans (I_{KMI} módszer).
- KHT** – környezeti hatástanulmány.
- KHV** – környezeti hatásvizsgálat.
- KM** – környezetminőségi skálaérték (Battelle módszer).
- KTE** – környezeti teljesítményértékelés.
- L** – alsó index, jelentése Lake, állóvíz.
- L1,2,3** – mérési pontok jelölése, levegő környezeti elemre, Zircre vonatkozó esettanulmányánál.
- m** – alsó index, projekt változatra vonatkozó adat (TOPSIS-SAW módszer).
- MAL** – Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt.
- max** – alsó index, jelentése maximum, legnagyobb érték.
- M_{eM}** – környezeti elem/komponens minőségi mutató (I_{KMI} módszer).
- min** – alsó index, jelentése minimum, legkisebb érték.
- M_{PM}** – paraméter minőségi mutató (I_{KMI} módszer).
- n** – környezeti paraméterek száma (I_{PG} módszer).
- n** – alsó index, környezeti kritérium súlyára vonatkozó adat (TOPSIS-SAW módszer).
- N_e** – vizsgált környezeti elem környezeti paramétereinek száma (I_{PG} módszer).

NEPA – National Environmental Policy Act (nemzeti környezetpolitikai törvény, USA).

N_i – környezeti paraméter száma (I_{PG} módszer).

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet).

P – alsó index, jelentése Public Sewer, közcsatorna.

P – mátrix paraméter (TOPSIS-SAW módszer).

P – paraméterszám (Battelle módszer, I_{KMI} módszer).

PFE – paraméterfontossági egység (Battelle módszer).

p_i – i-ik alternatíva maximalizált/minimalizált súlyozott értéke (SAW módszer).

Q_p – paraméter minőségi index (I_M módszer).

r – normalizált mátrix eleme (TOPSIS-SAW módszer).

R – alsó index, jelentése River, folyóvíz.

RM – környezeti kockázat (I_M módszer).

R_p – viszonyítási sugár környezeti elem szintű értékelésnél (I_{KMI} módszer).

R_q – viszonyítási sugár környezet szintű értékelésnél (I_{KMI} módszer).

R_Q – környezetterhelési jellemző (I_{KMI} módszer).

R_S – alternatíva rangsor SAW módszer szerint (TOPSIS-SAW módszer).

R_T – alternatíva rangsor TOPSIS módszer szerint (TOPSIS-SAW módszer).

R_{TS} – alternatíva rangsor TOPSIS-SAW módszer szerint (TOPSIS-SAW módszer).

s – alsó index, jelentése Soil, földtani közeg.

S – környezeti elem súlya (I_{PG} módszer).

S⁻ – mátrix sor minimalizált értéke (TOPSIS-SAW módszer).

-
- S⁺** – mátrix sor maximalizát értéke (TOPSIS-SAW módszer).
- SAW** – Simple Additive Weighting (szimpla súlyozás) módszer.
- SN** – standardizált pontszám (I_M módszer).
- TOPSIS** – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (hasonlóság alapján történő technikai rendezés ideális megoldása) módszer.
- UI** – fontossági érték (I_M módszer).
- USA** – United States of America (Amerikai Egyesült Államok)
- y** – mátrix elem (TOPSIS-SAW módszer).
- V** – normalizált mátrix eleme (TOPSIS-SAW módszer).
- V1,2,3** – mérési pontok jelölése, víz környezeti elemre, Zircre vonatkozó esettanulmányánál.
- VP** – vizsgált környezeti paraméter.
- VSZ** – végelszámolás.
- W** – kritérium fontossági súly (TOPSIS-SAW módszer).

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A Föld biodiverzitást fenntartó képességének a megőrzése, továbbá a bolygó természeti erőforrásait illető korlátok tiszteletben tartása kiemelt célkitűzés [14][15][16][17]. Emellett rendkívül fontos a környezet minőségének megóvása, folyamatos javítása illetve a magas szintű védelem biztosítása. A környezetszennyezés megelőzése és csökkentése, valamint a fenntartható fogyasztás és gazdasági termelés, a gazdasági növekedés és a környezet állapota közötti kapcsolatrendszer javítása céljából, hatékony intézkedések szükségesek [18][19][20][21].

Az elővigyázatosság elvét szem előtt tartva kerülnek meghatározásra a környezetállapot-értékelési eljárások és a megelőző intézkedések, az emberi egészség és a környezet károsodásának elkerülése érdekében. A fenntartható fejlődés stratégiája értelmében elsődleges prioritást kell, hogy élvezzen a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás javítása, a túlzott kitermelés megakadályozása, valamint az ökoszisztémák védelme [22][23][24][25].

Fontos cél továbbá a nem-megújuló természeti erőforrások általános használata esetében a kíméletes felhasználás mellett a forráshatékonyság javítása, a természeti erőforrások felhasználásával kapcsolatos környezeti hatások csökkentése és a megújuló környezeti erőforrások regenerálódási képességét meg nem haladó mértékű felhasználása [26][27][28].

Erőfeszítéseket kell tenni nemcsak a globális, európai, de a hazai biológiai sokféleség csökkenésének megállítása érdekében, hozzájárulva ezzel a biodiverzitás világszintű degradálódásának enyhítéséhez [29][30][31].

A hulladék keletkezésének csökkentése és a természeti erőforrások felhasználási hatékonyságának javítása érdekében az életciklus módszertanának használatával az újrafelhasználást és az újrafeldolgozást kell preferálni.

Az alapelvek tekintetében végül, de nem utolsó sorban rendkívül fontos a környezetvédelem szempontjából a szubszidiaritás elve, mely értelmében a szükséges döntéseket a probléma forrásának közelében kell meghozni, azon a szinten ahol ez a leghatékonyabban megoldható [32][33][34]. Erre kiváló példát mutat a 2010. októberben

lezajlott vörös iszap katasztrófa, amikor a súlyosabb katasztrófa megelőzésében rendkívül fontos szerepet játszott az azonnali és helyben történő szakszerű döntéshozatal.

A környezetvédelem és a gazdaság ideális kapcsolatrendszere rendkívül összetett és számos tényező hatásától „terhes”. A kapcsolatrendszert az **1. ábra** kívánja szemléltetni. E kapcsolat a Római Klub megalakulásának idején még paradoxonnak volt tekinthető, mára azonban egyre inkább bebizonyosodni látszik, hogy a különböző környezeti komponensek (társadalom, politika, gazdaság, ..., környezet) és az erőforrás menedzsment rendszer harmonikus összhangja nélkül nem valósítható meg hatékony környezetvédelem és környezeti minőségjavulás [35][36][37][38][39].



1. ábra: A környezetvédelmi érdekek és a gazdasági stratégia közötti kapcsolatrendszer

A környezeti szabályozás fejlődésével a hagyományos törvényi, jogszabályi eszközök mellett új típusú módszerek is megjelentek a prevenció elvének jegyében. A környezetállapot-értékelési (environmental impact assessment) módszerek olyan tevékenységekre/projektekre/beruházásokra vonatkoznak, amelyek jelentősen hatnak a környezetre és az emberre. A hazai jogszabályrendszer nem használja a környezetállapot-értékelés fogalmát, hanem a környezeti hatásvizsgálat, a környezeti teljesítményértékelés és a környezeti felülvizsgálat fogalmait különbözteti csak meg. Az angolszász, és az USA rendszerében az Environmental Impact Assessment, azaz környezetállapot-értékelés vizsgálat az elfogadott fogalom [40][41][42][43].

A jogszabályrendszerünk által előírt tevékenységek lefolytatásához környezetállapot-értékelés végzendő, ily módon a várható környezeti hatások felmérésével, értékelésével és a szükséges megelőző intézkedések megvalósításával a nem-kívánatos környezeti hatások mérsékelhetők vagy megelőzhetők, ami a fenntartható fejlődés gyakorlati megvalósításához hozzájárulva javulást eredményez a környezetminőségben. Fontos ez különösen akkor, amikor a klímakutatók optimista scenáriója szerint is 2099-re 1,5-4 °C közötti globális hőmérsékletemelkedés várható, illetve a legpesszimistább scenárió szerint akár térségenként 7,5 °C-kal is nőhet az átlaghőmérséklet [44][45][46][47].

A fentiek miatt a környezetállapot-értékelés fejlődésének története egybeesik a környezeti hatásvizsgálat történetével.

1 A környezetállapot-értékelés kialakulása

1.1 Nemzetközi kitekintés

Az 1970-es években az iparilag fejlett országokban törvényileg szabályozták a kormány hatáskörébe tartozó, vagy nemzetközileg kiemelt beruházások környezeti hatások szempontjából való vizsgálatát. Emiatt készültek környezeti állapotértékelések (KÁÉ), környezeti hatásvizsgálatok (KHV) és környezeti hatástanulmányok (KHT). Az elkészült tanulmány egy műszaki-tudományos egyeztető eljárás eredménye volt, mely a benyújtó fél és az érintett hatóság között zajlott [48].

Először az USA-ban alakult ki szabályozott módszer a környezetállapot-értékelés lefolytatására, majd számos ország vette át az eljárást kötelező, vagy ajánlott érvénnyel. Nagy-Britanniában az illetékes hatóságok számára egy segédlet került kidolgozásra, majd 1980-ban véglegesítődött a környezeti hatások értékelésére vonatkozó irányelv-család az Európai Gazdasági Közösség országai részére [48][49][50][51].

A különböző országok ma is más és más gyakorlatot folytatnak a környezetállapot-értékelés tekintetében, hiszen nagymértékben befolyásolja azt az adott ország társadalmi-, jogi- és közigazgatási rendszere és eljárásai. Emellett döntő fontosságú, hogy a környezetállapot-értékelés esetén hogyan kerül meghatározásra a „környezet” mint fogalom. Egyes országokban a környezet része a társadalmi és kulturális háttér és az ezekre gyakorolt hatást is figyelembe kell venni, más országokban pedig az esztétikai és történelmi emlékek játszanak fontos szerepet. A környezetállapot-értékelés sajátos környezetvédelmi eszköz, jellemző példája az integratív és komplex szemléletmódnak [48][52][53][54].

Az Amerikai Egyesült Államokban a környezeti ártalmak egyre fokozódó mértékű terjedése miatt 1969-ben bevezetésre került az első környezetállapot-értékeléssel kapcsolatos jogszabály, Nemzeti Környezetpolitikai Törvény (The National Environmental Policy Act 1969. NEPA) címmel. E törvény hatálya azokra a szövetségi tevékenységekre vonatkozott, melyek jelentős mértékben hatnak az emberi környezet minőségére. Az érintett tevékenységek esetében a tervezett alternatívák várható környezeti hatásait vizsgálták a társadalmi követelményrendszerrel együtt. A vizsgálat alapjának mindig a tevékenység bevezetését megelőző állapot volt tekinthető. E törvényt

követe 1973-ban Kanada, majd 1976-ban Franciaország hatásvizsgálati törvénye [55][56][57].

Nagy-Britanniában a jogi szabályozás a fejlesztővel szemben – meghatározott típusú beruházások tervezési-, engedélyezési eljárása során – környezeti nyilatkozat elkészítését várja el, mely nyilatkozat alapján az eljáró hatóság környezeti szempontból is megfelelő információkhoz jut a döntés meghozatalához [58][59].

1985-ben az Európai Gazdasági Közösség (EK) Környezetvédelmi Tanácsa által elfogadásra került a környezeti hatásvizgálatra vonatkozó határozat, „Council Directive of 27 June 1985 on the Effects of Certain Public and Private Projects on the Environment (85/337/CEC)” címmel [60]. Az EK tagországok 1988 júniusáig kaptak időt a környezetvédelmi hatásvizsgálattal kapcsolatos szabályozás jogrendszerükbe történő átültetésére.

A témában fontos jelentőséggel bír az Espoo-i (Finnország, 1991.) nemzetközi egyezmény, mely a határokon áttekintő környezeti hatásokról szól (Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context). Az egyezményt 26 országgal közösen Magyarország is ratifikálta [61][62][63].

A környezeti hatásvizsgálat elsődleges célja, hogy megóvja a környezetet a károsodástól. Ennek érdekében azonban mind a meglévő létesítményekre, mind a tervezett projektekre környezeti hatásvizsgálatot kell elkészíteni. E vizsgálat részletessége attól függ, hogy az okozott, illetve a várható környezetszennyező hatás milyen mértékű, jellegű és veszélyességű.

Az eltérő megítélésekre példa, hogy Kaliforniában a környezeti nyilatkozat (environmental statement) került bevezetésre a környezeti hatásvizsgálat helyett, a hatóság a nyilatkozat alapján dönti el, hogy mely létesítmény vagy beruházás esetén kéri a környezeti hatástanulmány elkészítését. Ezáltal jelentősen csökkentették a hatóságokra, a beruházókra illetve az iparra nehezedő terhelést és nyomást [64][65][66].

Az USA-ban például közzé kell tenni a hatóságok „nem várható jelentős környezeti hatás” döntését, ezzel lehetővé téve a lakosság részvételét az esetleges részletes hatástanulmány elkészítésében [67].

Egy környezeti hatásvizsgálat elkészítésének költségei jelentősek. Például egy kanadai földgáz-távvezetékkel kapcsolatos vizsgálat három évig tartott és több mint 5 millió dollárba került, bár a beruházás teljes költségének csupán 0,1 %-át tették ki a vizsgálatok. Természetesen az sem volna helyes, ha az összes környezetvédelmi költséget a környezeti hatásvizsgálat rendszerének rónánk fel, mert ezek más jellegű előírások esetében is felmerülnének.

A nemzetközi tapasztalatok alapján a környezeti hatásvizsgálat költsége a teljes beruházási költségeknek 2-3 %-át teszi ki, ugyanakkor ezt a kedvezőbb megoldások többnyire ellensúlyozzák [48]. Egy elfolyó vízre tervezett hatékonyabb szűrőrendszer költsége magasab ugyan, de a folyadékból kinyert szennyezőanyag, alapanyagként visszaforgatva a termelésbe csökkentheti a termék előállítási költségét.

1.2 Környezetállapot-értékelés az Európai Unióban

Az Európai Unió az egyre romló környezetminőség, valamint az előtte álló versenyhelyzet és a nemzetközi kötelezettségvállalások miatt komoly gazdasági és társadalmi kihívások elé nézett. E kihívásoknak való megfelelés okán 1993-ban megalakult az Európai Környezeti Hivatal (European Environment Agency – EEA), mely az EU Környezeti Akcióprogramjaiban összetett szerepet vállal [68][69][70].

Az EEA fő feladata, hogy az EU intézményeit és tagországait objektív, megbízható és összehasonlítható információkkal lássa el, melyek hozzájárulnak a környezeti politikák megalkotásához és maradéktalan megvalósításához. A Környezeti Akcióprogramoknak megfelelően összegyűjtik az elérhető információkat, majd a feldolgozást követően könnyen felhasználható adatsorokat szolgáltatnak az intézkedések kialakításához, és azok hatásainak méréséhez [68][71].

Az Európai Unió évek óta alkalmazta a környezeti hatásvizsgálatok gyakorlatát, amikor felmerült az igény egy integrált környezeti hatásvizsgálat (angolul: integrated environmental assessment – IEA) rendszerének kidolgozására [68][72][73].

Mivel a környezettel kapcsolatos feladatok sok szerteágazó, ugyanakkor egymással kölcsönhatásban álló részt tartalmaznak, ajánlott azok integrált megközelítése. A társadalmi ráfordítások minimuma mellett a környezeti hasznok maximuma átfogó

stratégiára alapozott politikát igényel, az akcióprogramok és az azokat megalapozó környezeti kutatás, fejlesztés és demonstráció feltételei kapcsán egyaránt [68][74].

Az integrált környezeti hatásvizsgálat a korábbi „szakosított” hatásvizsgálatoktól annyiban tér el, hogy a lehetőségekhez mérten igyekszik az okok és okozatok közötti kapcsolatokra fókuszálni. Kutatja továbbá a keresztirányú kapcsolatokat és a különböző jelenségek kölcsönhatásait. Ennek megfelelően változik az integrált környezeti hatásvizsgálatok terjedelmi köre, és a vizsgálati témák konkrét tartalmától függően megjelenhetnek új ágazatok és környezeti hatások.

A környezeti hatásvizsgálat az elemzés révén feltárhatja a gazdasági és a környezeti hatások viszonyait, olyan alapkérdésekre keresve választ, hogy a döntéshozóknak „mennyit ér” a természeti erőforrás vagy az emberi egészség [75].

1.3 A környezetállapot-értékelés hazai szabályozása

Magyarországon már a XV. században születtek olyan rendelkezések, melyek közvetve hozzájárultak a környezet-, illetve természetvédelemhez. Zsigmond király 1426-ban megalkotta a kíméletes erdőhasználatról szóló rendeletét, majd 1565-ben Miksa király, 1669-ben pedig I. Lipót alkotott törvényt az erdőrendtartásról. III. Károly 1729-es dekrétuma tilalmi időszakot állapított meg a vadászat és madarászat tekintetében, illetve II. Lipót 1790-es dekrétuma az erdők védelméről szólt, megakadályozandó az erdők pusztítását [76][77].

A XIX. században már a környezetvédelem egyes ágazatát érintő jogszabályok születtek. Ilyenek például az 1887-es vadászati törvény, a magyar vizek és vízjogról szóló 1885. évi szabályozás, a magyar halászatról 1888-ban hatályba lépett joganyag, vagy a mezőgazdaságról szóló 1894. évi XII. törvény. A magyar mezőgazdasági földeket már 1923. óta védi rendelet, az erdőkről és természetvédelemről szólt az 1935. évi IV. törvény a városrendezést és az építészetet is 1937. óta szabályozza törvény. Így az emberi környezet védelméről szóló 1976. évi II. törvény nagy erénye abban rejlett, hogy korát és a világ számos országát messze megelőzve átfogó keretet adott a környezetvédelem jogi szabályozásának. E törvény közel két évtizedig volt a környezetügy „alapokmánya”, melyet a 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól (továbbiakban: környezetvédelmi törvény) szóló joganyag hatályon kívül helyezett.

A hazai környezeti hatásvizsgálat kialakításának tekintetében az Európai Gazdasági Közösség 85/337/CEC számú direktívája meghatározó szerepet játszott [60]. Magyarországon, időrendben az alábbi szabályozások voltak érvényben:

- ♦ a KHV bevezetésére szolgáló első hazai rendeletet 1983-ban az Országos Környezet- és Természetvédelmi Tanács hozta meg, amelyben előírta, hogy a nagyobb fejlesztési döntéseket környezeti hatásvizsgálatnak kell megelőznie. A rendelet nem adott útmutatást a KHV elvégzésének folyamatára, tartalmára vonatkozóan.
- ♦ 1985-ben hatályba lépett a beruházási rendelet, amely a nagy- és a csoportos beruházásokra előírta a KHV elkészítését.
- ♦ MI-13-45-1990 „Műszaki Irányelv a beruházások környezeti hatásvizsgálatának általános tartalma” címmel, már a vizsgálat módszerére, folyamatára és tartalmi követelményeire vonatkozó javaslatokat is tartalmazott.
- ♦ A Kormány 86/1993 (VI.4.) rendelete az egyes tevékenységek környezeti hatásvizsgálatának átmeneti szabályozásáról szólt, amelyet a 67/1994 (V.4.) Korm. rendelet módosított.
- ♦ 67/1994 (V.4.) Korm. rendelet (hatályon kívül helyezve) mellékletei tartalmazták a KHV-ra kötelezett tevékenységek listáját és azokat a tevékenységeket, amelyekre az 1991-ben a határokon áttérjedő környezeti hatások vizsgálatáról kötött Espoo-i egyezmény kiterjed.
- ♦ 1995 évi LIII. törvény – a környezet védelmének általános szabályairól szóló jogszabály – a környezetre vonatkozó tevékenységeknek ad keretet (Ktv).
- ♦ 152/1995. (XII.12.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálat elvégzéséhez kötött tevékenységek köréről és az ezzel kapcsolatos hatósági eljárás részletes szabályairól (hatályon kívül helyezve).
- ♦ 20/2001. (II.14.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálatról (hatályon kívül helyezve).
- ♦ 314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról (jelenleg hatályos, utolsó módosítás: 2015. 04. 01.).

A környezet védelméről ma hazánkban a legmagasabb jogszabályi szinten Magyarország Alaptörvénye rendelkezik a XX. és XXI. cikkelyben [78]:

„Mindenkinek joga van a testi és lelki egészséghez.” ... „Magyarország elismeri és érvényesíti mindenki jogát az egészséges környezethez.”

E feladatok ellátásához kerettörvényként a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény ad útmutatást. A környezetvédelmi törvény több helyen rendelkezik további jogszabályok elfogadásának szükségességéről melyek az egyes ágazatok feladatainak végrehajtását részleteiben szabályozza. Így került megalkotásra a 314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló jogszabály is.

A környezet védelmének érdekében a környezethasználóra az alábbi alapelvek vonatkoznak:

- ♦ Elővigyázatosság elve
 - környezeti elemek kímélete, takarékos használata,
 - hulladék keletkezés csökkentése,
 - a természetes és előállított anyagok visszaforgatása, újrafelhasználása.
- ♦ Megelőzés elve:
azon intézkedések összességét tartalmazza, melyek a védekezési célok eléréséhez szükséges konkrét határértékekben testesülnek meg (a levegő, a víz, a talaj minőségének biztosítása, a hulladékok, a zajhatás, egyéb sugárhatások elleni védelem) melyet tehet
 - a leghatékonyabb megoldás alkalmazásával.
- ♦ Okozói elv:
a környezetállapot romlását előidéző környezetszennyezőket szankcionálni kell.
- ♦ Helyreállítás elve:
a környezethasználó köteles gondoskodni a tevékenysége által bekövetkezett károsodás megszüntetéséről és helyreállításáról.
- ♦ Felelősség elve
a környezethasználó a tevékenységének a környezetre gyakorolt hatásaiért felelősséggel tartozik.

- ♦ Társadalmi együttműködés elve:
a környezet védelme nem az individuum (egyén, zöld szervezet, gazdálkodó szervezetek, stb.) ügye, hanem közös összefogásra van szükség, melyhez a kormány a környezetpolitika megalkotásával mutat helyes irányt.
- ♦ Szubszidiaritás elve (helyi önkormányzatok, felügyelőségek). Az egész integráció mozgatórugója a szubszidiaritás elve, amely először a környezetvédelemben jelent meg. A különböző hatásköröket azokra a szintekre kell delegálni, amelyek az adott feladatot a leghatékonyabban tudják megoldani. Ennek folyamánya, hogy indokolatlanul nem szabad felsőbb szintre helyezni a döntést és a hatáskört [79]!

A fenti elvek hivatottak biztosítani az alábbi környezetvédelmi követelmények megvalósítását:

- ♦ a természet védelme és a biológiai sokféleség (diverzitás) fenntartása,
- ♦ a természeti erőforrásokkal való takarékoság (fenntartható harmonikus termelés),
- ♦ az emberi egészség és biztonság.

A környezetállapot-értékelés elvégzése során az alábbi fogalmak egyértelmű használata elengedhetetlenül fontos. E fogalmi meghatározások részben a környezetvédelmi törvényből, részben pedig más forrásból származnak [80][81].

- ♦ Környezeti paraméter: e fogalomra nem tér ki a magyar jogszabály rendszer, azonban a környezetállapot-értékelés szempontjából rendkívül fontos. Ide értendők a környezeti komponens sajátos fizikai, kémiai, biológiai, társadalmi és gazdasági tulajdonságai, melyek az értékelés során figyelembe veendőek.
- ♦ Környezeti elem: a föld (földtani közeg), a levegő (emisszió és immisszió), a víz (felszín alatti, felszíni (folyó és álló víz)), az élővilág (növényi és állati egyedek, populációk, társulások és biomok), valamint az ember által létrehozott épített (mesterséges) környezet, továbbá ezek összetevői [80].
- ♦ Környezet: „a környezeti elemek, azok rendszerei, folyamatai, szerkezete” [80].
- ♦ Bruttó hatásterület: az a terület, ahol a környezethasználat során környezetre gyakorolt hatás következhet be [80].
- ♦ Környezetállapot-értékelés: eljárás, mely egy tevékenység/beruházás környezetre gyakorolt hatását vizsgálja. Alapot ad a környezeti hatásvizsgálatnak, környezeti teljesítményértékelésnek és a környezeti felülvizsgálatnak [81].

- ♦ Hatótényező: része a vizsgált tevékenységnek, oka a környezeti elemek vagy rendszerek állapotváltozásának. Időben: egyszeriek vagy ismétlődők, megszűnők vagy állandók. Intenzitás tekintetében: erősödők vagy gyengülők, változók vagy állandók [81].
- ♦ Környezeti hatás: emberi tevékenység által okozott mérhető állapotváltozás. „A környezeti hatás egy adott környezeti paraméterben adott időpillanatban bekövetkező állapotváltozás” [81].

A mai hatásvizsgálat legfontosabb kereteit a 1995. évi LIII. környezetvédelmi törvény 110. §-a (7) bekezdésének c), i), l) és s) pontjai határozzák meg. E jogszabályi felhatalmazásra, illetve az EU követelményeinek való pontosabb megfelelés érdekében született meg a korábbi jogszabályokat hatályon kívül helyezve a 314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról [81].

A környezetállapot-értékelés egy módszer illetve egy eljárás, melynek eredményeképpen megállapítható, hogy a tervezett projekt/tevékenység/beruházás milyen valószínűsíthető környezeti hatásokkal jár, és e hatásokat hogyan lehet kiküszöbölni vagy csökkenteni. A környezeti hatásvizsgálat, mint eljárás kézzelfogható dokumentuma a környezeti hatástanulmány. Jogi szempontból nézve a hatásvizsgálat nem más, mint valamely engedélyezési eljárás meghatározó jelentőségű része, amely egyben feltételeket is előírhat a tervezett projektet illetően.

Ahogy Magyarországon egyre fokozódó figyelmet kapott a környezet és a környezetvédelem fontossága, egyre jelentősebbé váltak az azzal kapcsolatos vizsgálatok. A felmérések kezdetben a meglévő és a működő rendszerekre, illetve technológiákra vonatkoztak. E vizsgálatok alapján jogi eszközök kerültek megalkotásra, melyekkel elérhetővé vált, hogy a mérhető módon környezetre veszélyt jelentő tevékenységek és technológiák száma csökkenjen. Ezzel együtt olyan módszerek is kifejlesztésre kerültek, melyekkel a tervezett fejlesztések értékelhetőkké és azok környezetre gyakorolt várható hatásai feltérképezhetőkké váltak. A korai állapotfelmérések gazdasági hatékonyságra illetve műszaki előtanulmányok elkészítésére korlátozódtak. E vizsgálatok komoly hátránya, hogy a nem „számszerűsíthető” környezeti értékekre gyakorolt hatáshoz képtelenek pénzürtéket rendelni. A vizsgálati módszerek fejlődésével e hiányosságok is kiküszöbölésre kerültek, kialakult egy új

szemléletmód, mely a környezeti hatásvizsgálat néven terjedt el. Ezen eljárás átfogó értékelési szemléletet biztosított a környezetvédelmi-, a gazdasági és a műszaki szempontok összehangolásával. Az utóbbi évtizedben történt tovább fejlesztése során pedig a fenntartható fejlődés kritériumai is beépítésre kerültek.

A környezetállapot-értékelési vizsgálat elsősorban a beruházások és fejlesztések során várható lényeges, értékelhető környezeti állapotváltozások becslésének vizsgálatára/előrejelzésére szolgál, befolyásolva ezzel a tevékenységre vonatkozó döntéseket.

A módszer legfontosabb előnye hogy a fenntartható fejlődés érdekében felméri az élő- és élettelen környezet minőségében várható változásokat, a természeti kincsek/erőforrások felhasználhatóságának alakulását, illetve azokat a közvetett hatásokat, melyek érintik a lakosság társadalmi és egészségi állapotát, illetve befolyásolhatja gazdasági helyzetüket.

Az környezetállapot-értékelés sajátosságai:

- ♦ Jogszabályi kötelezés értelmében része a tervezési és döntési folyamatoknak.
- ♦ Az érdekelt felek között lezajló tárgyalások, egyeztetések, kompromisszumok során megvalósuló érdekegyeztető folyamat.
- ♦ A hatásviselő lakosság már a vizsgálat folyamatában megismerheti a környezet állapotában bekövetkező várható változásokra vonatkozó részeredményeket is. A döntéseknél véleményüknek – ha nincs más mód akár bírósági úton is – érvényt szerezhetnek.
- ♦ A környezetállapot-értékelés eredményei általában előrejelzés jellegűek, részben becsléseken alapulnak, melyek bizonytalanságát meg kell adni a dokumentációban. E bizonytalanság körét szűkíti a tudomány e témakörben elért fejlődése.
- ♦ A környezetállapot-értékelés során a várható környezeti hatás szempontjából legkedvezőbb alternatívát kell keresni.

Mivel számos esetben a környezetet legjobban kímélő eljárások egyben a legdrágábbak és a döntések meghozatalánál mindig figyelembe kell venni az ösztársadalmi érdekeket is, így születhet olyan döntés, mely a tervezett tevékenység nem megvalósulását támogatja. A környezetállapot-értékelés folyamata rendkívül bonyolult és több fél alkotó együttműködését igényli.

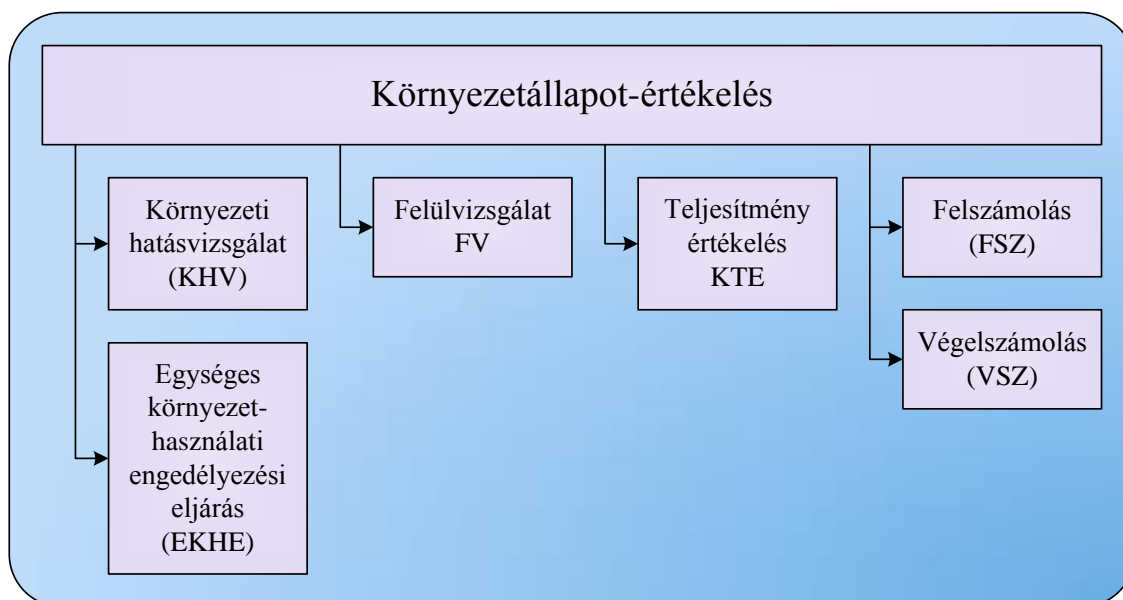
A környezetállapot-értékelés fogalma

Munn (1979) [82] „Törvényjavaslatok, ágazatpolitikák, programok, beruházások, és üzemviteli eljárások a környezetre, az emberi egészségre és jólétre gyakorolt hatásainak azonosítása és becslése valamint ezen hatások értékelése és közzététele.”

UK DOE (1989) [83] „A környezeti hatáértékelés azon módszerek és eljárások összessége, amely információt szolgáltat valamely eljárás, vagy beruházás környezeti hatásairól, és amely alapján a szakhatóság meghozza a projekt folytathatóságáról szóló döntését.”

ENSZ Európai Gazdasági Közösség (1991) „Egy tervezett tevékenységnek a környezetre gyakorolt hatásának értékelése.”

A környezetállapot-értékelés alatt egy tervezett/működő/felhagyott tevékenység környezetre gyakorolt hatásainak átfogó/komplex értékelését értjük fizikai/ökológiai/társadalmi/gazdasági/kulturális szempontok alapján (2. ábra).



2. ábra: A környezetállapot-értékelés gyakorlati alkalmazásai

A környezetállapot-értékelés módszere alá tartozik (2. ábra):

- ♦ a **környezeti hatásvizsgálat**: a 1995. évi LIII. a környezet védelmének általános szabályairól szóló törvény [80] értelmében „A környezetre jelentős, illetve várhatóan jelentős mértékben hatást gyakorló tevékenység megkezdése előtt környezeti hatásvizsgálatot kell végezni.” A törvény 68-69 §-a felhatalmazást ad a

Kormány számára, az eljárás lefolytatásának szabályait tartalmazó rendelet megalkotására, illetve az érintett tevékenységi körök rendeletben való megfogalmazására (314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet, a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról).

- ♦ **Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás:** a környezetvédelmi törvény 70§ (1) bekezdés kimondja, hogy „Az egyes – külön jogszabályban megjelölt – tevékenységek környezetet terhelő kibocsátásainak megelőzésére, a környezeti elemeket terhelő kibocsátások, valamint a környezetre ható tényezők csökkentésére, illetőleg megszüntetésére irányuló, az elérhető legjobb technikán alapuló intézkedéseket az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás során kell megállapítani.” [80].
- ♦ **A környezeti felülvizsgálat:** olyan eljárás, mely a különböző tevékenységek környezetre gyakorolt hatásának feltárására illetve megismerésére irányul, emellett ellenőrzi, hogy a tevékenység megfelel-e a környezetvédelmi előírásoknak. Minden környezethasználattal, környezetveszélyeztető magatartással vagy környezetszennyezéssel járó tevékenységet a vizsgálat körébe kell vonni [80].
- ♦ **A környezeti teljesítményértékelés:** bármely tevékenység során végezhető környezeti teljesítményértékelés, illetve a tevékenység átvilágítása, annak érdekében, hogy megismerhetővé váljon a tevékenység környezetre gyakorolt hatása [80].
- ♦ **A felszámoláskor/végelszámoláskor követendő eljárások:** a környezetvédelmi törvény és a csődeljárási törvény egyaránt említi. Az utóbbi 48.§ (3) bekezdése az alábbiak szerint rendelkezik: „A felszámoló a felszámolási eljárás alatt köteles gondoskodni ... a környezetvédelmi, természetvédelmi ... követelmények betartásáról” emellett a környezeti károsodások, környezeti terhek rendezéséről. A végrehajtásról a 106/1995. (IX. 8.) Korm. rendelet gondoskodik [84].

A környezetállapot-értékelés módszer kidolgozásának legfőbb hajtóerői:

- ♦ A fenntartható (harmonikus) fejlődés stratégiájának értelmében megtalálni annak módját, hogy a hatásvizsgálat során a különböző területek – mint környezetvédelem, egészségügy, gazdasági-, kutatási tevékenységek – ne egymást akadályozóan, hanem inkább támogatóan keressék az alternatív megoldásokat a fejlesztések/fejlődés érdekében [85].

- ♦ A környezettel kapcsolatos minden tevékenység alfája a környezeti ártalmak tudatos megelőzése. A **megelőzés elve** értelmében a tervezett tevékenység/beruházás várható környezeti hatásait tudományos módszerekkel megvizsgáljuk és értékeljük, azaz környezeti hatásvizsgálatot végzünk még a döntési fázis előtt. Emellett fellépünk a károsító folyamatok további hatásai ellen. Az **elővigyázatosság elve** ennél egy lépéssel korábban hat. Értelmezésében a tudomány elégtelen ismerete nem mentesít a károkozás alól. Azaz amennyiben a rendelkezésre álló tudományos ismeretek nem egyértelműen meggyőzőek arról, hogy a tervezett technológia környezetbarát, akkor az adott technológiát el kell vetni, az nem használható, így még csak tervezési fázisba sem juthat el [85].
- ♦ A határérték egy-egy komponens/vegyület/elem jogszabályban, vagy hatósági határozatban megadott kibocsátási értéke, mely kizárja a környezet károsodását. Esetenként azonban a határérték alatti kibocsátás is okozhat környezeti károkat, hiszen azt nagymértékben a hatásviselő viszonyai határozzák meg [60].
- ♦ Környezetterhelésnek tekintjük valamely anyag vagy energia a környezetbe történő határérték alatti kibocsátását. E kibocsátás környezetterhelést okozhat, melynek mértékét nagyon nehéz értelmezni. Egy hatás adott helyen és időben hat egy vagy több hatásviselőre, melynek érzékenysége is befolyásolja az elviselhető határt. A hatásvizsgálat során nehezen értelmezhető az átlagos terhelés fogalma, mivel a kibocsátott szennyezőanyagok terjedései eltérőek, emiatt praktikusabb az átlagok helyett a kritikus pontokat és kritikus tényezőket vizsgálni. A hatásviselők érzékenysége is változhat. Határesetnek az tekinthető, amikor a hatótényező maximális intenzitással érvényesül és a hatásviselő a legérzékenyebb állapotban van. Az értékelésnél mindig a tartósan legrosszabbnak számító helyzetből kell kiindulni [60].

A közigazgatási szervek a jogszabályi előírásoknak megfelelően egy új szabályozás bevezetésekor, vagy egy adott időszak eredményeinek értékelésekor tájékoztatni kötelesek a közvéleményt, melyhez szükséges eszköz lehet a környezetállapot-értékelés.

Környezetállapot-értékelést egyrészt készítheti közigazgatási szerv, másrészt gazdálkodó szervezet a céltól függően. Közigazgatási szerv lehet az államigazgatás (Országgyűlés, Kormány, Földművelésügyi Minisztérium), az önkormányzatok (regionális, megyei vagy

települési), illetve a területi környezetvédelmi hatóság, gazdálkodó szerv pedig az ipar, a mezőgazdaság és a szolgáltató szektor különböző tagjai.

Az **1. táblázat** összefoglalja, hogy a környezetállapot-értékelés milyen eljárások során alkalmazható [86].

1. táblázat: A környezetállapot-értékeléshez kapcsolható különböző eljárások

	KHV	EKHE	FV	KTE	FSZ/VSZ
Eljárás indul	Kérelemre	Kérelemre	Hivatalból	Kérelemre	Kérelemre/Hivatalból
Dokumentum	Hatástanulmány	Egységes környezethasználati engedélyezési dokumentáció	Felülvizsgálati dokumentáció	Audit	Nyilatkozat + állapot felmérési dokumentáció
Formái	Előzetes vizsgálat Környezeti hatásvizsgálat	Egységes környezet használati engedélyezési eljárás	Teljes körű / részleges	Teljes (ISO 14001) / EMAS III.	Teljes körű / részleges
Jogszabályi alap	Ktv. 67-69§ 314/2005. (XII.25.) Korm.r.	Ktv. 70§ 314/2005. (XII.25.) Korm.r.	Ktv. 73§	Ktv. 77-81§	106/195. (IX.8.) Korm.r.
Hatósági intézkedés formái	Környezetvédelmi engedély	Egységes környezethasználati engedély	Környezetvédelmi működési engedély	Környezetvédelmi működési engedély	Hozzájárulás / kötelezés
Készítő	Bárki	Bárki	Névjegyzék	Bárki	Névjegyzék
Ügyintéző idő	90 nap	90 nap	90 nap	30 nap	60 nap

A környezetállapot-értékelés eszközeként felhasználandók az alapadatok, melynek részét képezik a tevékenység ismertetését és leírását tartalmazó dokumentumok emellett a környezeti alapállapot leírása, valamint a terjedési viszonyok megadása.

A mért adatokból történő következtetésekhez, a várható jövőbeni környezeti változások meghatározásához a kémiai és fizikai ismeretek is szükségesek, hiszen azok nélkül a mért adatokból nem születhet értelmezhető eredmény. Emellett a rendszer tovább finomítható a statisztikai, operációkutatási értékelésekkel, az ábrázolást pedig a térképek és a térinformatika teszi szemléletesebbé.

2 A környezetállapot-értékelés menete és módszertana

Magyarország jobszabályrendszere nem definiálja a környezetállapot-értékelés fogalmát, a környezetvédelmi törvény és végrehajtási utasításai a környezeti hatásvizsgálat definícióját alkalmazzák. A környezetállapot-értékelés módszertani fejlesztéseibe mindazokat a módszereket és technikákat értem amelyek a környezeti hatásvizsgálat készítése során alkalmazásra kerülnek. Mivel a disszertációm célja egy új környezetállapot-értékelési mennyiségi módszer kifejlesztése, és e tevékenység alapvetően környezeti hatásvizsgálat támogatására szolgál, ezért az irodalmi áttekintőben a továbbiakban a környezetállapot-értékelést, mint tevékenység folyamatát a környezeti hatásvizsgálat lépésein keresztül mutatom be.

Bár széles felhasználói területen alkalmazhatók a környezetállapot-értékelést szolgáló módszerek, a követelmény- és értékelő rendszerek és a vizsgálat fő lépései azonosak.

A környezeti hatásvizsgálat folyamata az alábbi elemekből tevődik össze:

- ♦ figyelembe veszi a cél elérését szolgáló alternatívákat,
- ♦ tervezi a kiválasztott megoldási javaslatot,
- ♦ döntést hoz a kiválasztott eset vonatkozásában a hatásvizsgálat szükségességéről,
- ♦ definiálja a KHV terjedelmi körét,
- ♦ hatásvizsgálati jelentést készít, melyben leírásra kerül a tevékenység illetve az általa befolyásolt környezet, valamint becslésre kerül a gyakorolt hatás nagysága/jelentősége,
- ♦ felülvizsgálja a KHV jelentés alkalmasságát,
- ♦ a hatásvizsgálati jelentés alapján döntést hoz az adott megoldási javaslatról,
- ♦ nyomon követi a megvalósított tevékenység hatásait (monitorozás).

A környezeti hatásvizsgálati eljárás a lehetséges alternatívák (projekt javaslatok) környezeti szempontú értékelését végzi. Az eljárás során minden olyan racionális alternatívát be kell vonni a vizsgálat rendszerébe, amely képes teljesíteni az elérendő célt.

A vizsgálandó alternatívák különböző szempontok szerint csoportosíthatók. Leggyakrabban a különböző telepítési helyek, illetve technológiák megfelelőségét kell vizsgálni. Ezen felül a társadalmi igény alternatív keresletének előrejelzésén alapuló

változatok jelenhetnek meg, valamint mindig vizsgálni kell a tevékenység nélküli állapotot is.

2.1 A környezeti hatásvizsgálat folyamata

Az eljárás négy fő szakaszra bontható [87][88]:

- ♦ Az előkészítő fázis során az eljárás menetének meghatározása történik, emellett e szakasz kívánja feltárni a megvalósítást kizáró okokat és értékeli a lehetséges műszaki-technológiai és telepítési alternatívákat.
- ♦ A tanulmány készítő fázis.
- ♦ Az értékelő fázisban kerül sor az elkészült hatástanulmány szakmai vitájára, bevonva az érintett feleket/lakosságot és a szakmai szervezeteket.
- ♦ Az eredmény érvényesítő fázis során megtörténik a döntés, ide tartozik a következmények utólagos ellenőrzése, a monitorozás.

A környezeti hatásvizsgálat lépései a következők:

- ♦ a hatótényezők meghatározása: a környezetben (környezeti elemekben/rendszerekben) bekövetkező változások előidézői a hatótényezők. A környezeti hatásvizsgálat lefolytatása során a vizsgált tevékenységet önálló komponensekre/projektekre tevékenységekre kell bontani annak érdekében, hogy a közvetlen és közvetett hatások pontosan feltérképezhetőek legyenek.
- ♦ A hatásfolyamatok feltérképezése: azon folyamatok felsorolása, amelyeket a hatótényezők ismeretében vizsgálni kell. Számba kell venni a lehetséges kölcsönhatásokat annak érdekében, hogy a valószínűsíthető hatásviselők meghatározásra kerülhessenek. E kölcsönhatások feltárása végezhető hatásfolyamat ábrák és kölcsönhatás mátrixok segítségével is. A hatásfolyamat ábrák nagy előnye, hogy a feltárt folyamatokat ok-okozati összefüggésekkel, rendszerszemléletű hálózatok formájában szemléltetik, valamint a környezeti változás iránya is feltűntethető (növekszik vagy csökken).
- ♦ Hatásterület előzetes lehatárolása: a vizsgálat korai szakaszában megbecsülendő az a hatásterület, amelyen belül a környezet állapotváltozásai értelmezhetők. A lehetséges legnagyobb hatásterületből kell kiindulni, majd a hatásvizsgálat folyamata során nyert új információk alapján ezt a hatásterületet pontosítani (szűkíteni) kell.

- ♦ A környezet alapállapotának leírása, figyelembe véve az érintett hatásviselők érzékenységét: a kezdeti szakaszban elsősorban minőségi jellegű, illetve átfogó mennyiségi adatok állnak rendelkezésre. Az egyes környezeti tényezők, komponensek viszonylag könnyen számba vehetők, azonban sokkal fontosabb, hogy a közöttük fennálló kapcsolatok is meghatározásra kerüljenek, ezáltal az összetett kapcsolatrendszer a környezetállapot leírásában is szerepeljen.
- ♦ A hatásfolyamatok és az állapotváltozások becslése: a hatótényezők, a közvetlen és közvetett hatások és a hatásterületek ismeretében a hatásfolyamatok meghatározhatók. A becsléseknek azokra a hatásokra kell kiterjedniük, amelyek lényegesnek tekinthetők és minősíthető állapotváltozást eredményeznek az egyes környezeti elemek és rendszerek esetében. Az állapotváltozásokat többféle módon lehet jellemezni, hiszen az idő múlásával a változások mértéke is módosul: megszűnhet, tovagyűrűzve egyre súlyosabb következményekkel járhat, stb. Az állapotváltozások az alábbiak szerint csoportosíthatók:
 - ideiglenes (a művelési ág alól ideiglenesen kivont területek állapota),
 - tartós, stabil intenzitású (egy építmény léte vagy egyenletes légszennyezőanyag-kibocsátás hatása a levegőre),
 - periodikusan ismétlődő, tartós állapotváltozás (befogadó felszíni víz előre jelezhető hozamingadozása),
 - szinergikus hatások: emelkedik a befogadó vízfolyás hőfoka, miközben ettől valamilyen szennyezőanyag hatása is növekszik (erősödő beoldódás miatt), (több hatótényező együttes hatása váltja ki a változást),
 - kumulatív hatások (halmozódó talajszennyezés, amely használhatatlanná tesz egy felszín alatti ivóvízbázist),
 - egyszeri, de végleges változások (egy területen a növényvilág megszüntetése vagy a terület lebetonozása az építés során),
 - csökkenő intenzitású (a hatótényező csökkenő intenzitású, vagy a hatásviselő regenerálódik és az eredeti állapot helyreáll).
- ♦ Az állapotváltozások értékelése: a hatások értékelése átfogó minősítést jelent és tartalmazza az értékeléshez szükséges, a hatások jellegére, a számításokra, a becslések korlátjaira vonatkozó információkat is. Az értékelés történhet

egészségügyi, ökológiai, települési környezeti, vagy akár tájhasználati szempontból.

A vizsgálati lépések hierarchikusan épülnek egymásra, nincs mód a sorrend változtatására.

2.2 Környezeti hatás azonosításának módszertana

Az alábbiakban az egyes hatásvizsgálati módszerek rövid bemutatása következik. A disszertáció szempontjából releváns kvantitatív módszerek kiemelve, a 3. fejezetben részletesen kerülnek ismertetésre, mivel a kutatási részben az irodalomban ismertetett mennyiségi módszereket alkalmazva, négy helyszín/esettanulmány környezetállapot-értékelése kerül összehasonlításra.

A környezeti hatás azonosítása összekapcsolja a tervezett tevékenység főbb jellegzetességeit és a környezet alapállapotát. A cél, hogy lehetőség szerint az összes potenciálisan jelentős, kedvező és kedvezőtlen hatás azonosításra kerüljön azért, hogy azok a környezetállapot-értékelés folyamata során figyelembe vehetők legyenek.

A környezeti hatások azonosítását tekintve a választott módszernek az alábbi feltételeknek kell megfelelnie [128]:

- ♦ Legyen képes átfogóan lefedni a környezeti hatásokat (társadalmi, gazdasági, szociális téren, stb.).
- ♦ Egyértelműen különböztesse meg a pozitív-negatív, reverzibilis-irreverzibilis hosszútávú-rövidtávú, jelentős-jelentéktelen hatásokat.
- ♦ A különböző alternatívák összehasonlíthatók legyenek a módszerrel.
- ♦ Vizsgálja a területre vonatkozó hatásokat a határértékek tükrében.
- ♦ Biztosítson kvalitatív és kvantitatív információkat.
- ♦ Használata könnyű és célszerű legyen.
- ♦ A módszer végkövetkeztetése legyen konzisztens.

Ennek tükrében a hatásvizsgálati módszerek az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- ♦ ellenőrző jegyzékek: a környezetet a környezeti tényezők alapján kategóriákra osztják. Segítik a rendszerszemléletű gondolkodást, a változások értékeléséhez elkülönítve foglalják össze a hatásviselők jellemzőit. Sok esetben túl általánosan

fogalmazznak és nem teljesek, lehetnek átfedések egy-egy listán belül, valamint a túl sok kategória esetén a figyelem elterelődhet az igazán jelentős hatásokról. Számos ellenőrző jegyzék van használatban: az egyszerű felsorolás jellegűtől (egyszerű ellenőrzőjegyzék, leíró jellegű jegyzékek) kezdve a magas szintű strukturáltságot mutatókon keresztül (kérdőív jellegű jegyzékek, küszöbérték típusú ellenőrző jegyzék), a környezeti tényezők fontosságát (súlyozás) tartalmazó jegyzékekig (Delphi kérdőív) bezárólag.

- ♦ **Mátrixok:** vízszintesen a lehetséges hatótényezők (projekt komponensek) kerülnek felsorolásra (projekt alternatívánként és résztvevénységenként), függőlegesen pedig az érintett környezeti elemek, rendszerek és azok állapotjellemzői (környezeti komponensek). A hagyományos kölcsönhatásmátrix a hatótényezők és az elsődleges hatásviselők közötti közvetlen (elsődleges) hatásokat mutatja be, de további mátrixokkal a másodlagos és harmadlagos hatások is feltérképezhetők [89]. Hátránya viszont, hogy a hatásokat kétoldali kapcsolatok formájában adja meg, így a hatásfolyamatok, a halmozódó hatások nehezebben értelmezhetők. Funkciójukat, tulajdonságaikat tekintve különböző mátrixok léteznek: időfüggő [90], nagyságrend [91], kölcsönhatás, lépcsős [92][93], súlyozott [94], Leopold-féle mátrix [95], stb.
- ♦ **Hatásfolyamat ábrák:** a felismert kölcsönhatásokat (ok-okozati összefüggéseket) könnyen áttekinthető és megérthető formában mutatja be. A hatásfolyamat-ábra első oszlopa az érintett környezeti elemeket tartalmazza, míg a második oszlopa a hatótényezőket sorolja fel olyan csoportosításban, hogy a hatótényező mely környezeti elemre/komponensre fejt ki közvetlenül hatást. A környezeti komponensek közül az embert – mint a végső hatásviselőt – a folyamat végén emeli ki.
- ♦ **Térképfedvények:** a hatásterület megállapítását a különböző becsült hatásterületek egymásra helyezésével célszerű elvégezni. Külön térképfedvények készíthetők az egyes környezeti elemekre/komponensekre, a környezeti zajterhelésre, az ökológia rendszerek zavarására vagy megszüntetésére. A kapott térképfedvények összesíthetők, így végül látható, hogy a hatásterület különböző, egymással átfedésben lévő területeket foglal magába, ahol a tervezett vagy működő létesítmény a környezet állapotát befolyásolja [96].
- ♦ **Mennyiségi módszerek (3 fejezet).**

3 Mennyiségi módszerek a környezetállapot-értékelésben

A kvantitatív módszerek számszerűsített módon értékelik a különböző projektalternatívákat, ezáltal más módszerekkel ellentétben összehasonlíthatóbbá, könnyebben értelmezhetővé teszi a hatótényezők által vélhetően kiváltott összesített hatásokat. Segíthetik a kritikus változások azonosítását.

Mennyiségi módszer alkalmazásával az összes hatás relatív fontossága kerül összehasonlításra a hatások standard értékekhez történő viszonyításával és azok összegzésével.

3.1 Komplex környezetszennyezési index meghatározása

Brindusa Michaela Robu „Komplex környezetszennyezési index”-e (továbbiakban környezetszennyezési index módszer) nagymértékben függ az értékelő követelményeitől és az értékelők szakmai megítélésétől. A módszer kvalitatív mutatókon (indikátoron) alapszik és tükrözi a vizsgált környezeti elem állapotát [99][129].

Minden egyes környezeti paramétert beilleszt egy minősítő rendszerbe (minőségi osztályok) (2. táblázat). A minőségi osztályok 1-től 10-ig terjednek, a 10-es a természetes, emberi beavatkozástól mentes állapotot jelenti, az 1-es pedig egy visszafordíthatatlanul degradált állapotot jelent.

A környezeti elemek/komponensek környezeti paramétereikhez egy-egy minőségi osztályjegy rendelendő.

A környezeti paraméterek környezetminőségi osztály jegyének meghatározását követően a környezeti elemre/komponensre vonatkozó minőségi jegy kiszámítását kell elvégezni az alábbi egyenlet ((1) egyenlet) alapján:

$$J_{ej} = \sum_{i=1}^n J_i/n \quad (1)$$

ahol:

- J_{ej} – a j. környezeti elem/komponens jegye.
- J_i – a i. környezeti paraméter minőségi osztály jegye.
- n – a környezeti paraméterek száma.

- i** – az adott környezeti paramétert jelöli a vizsgált környezeti elem/komponens esetében (pl. felszíni víz esetében: BOI_5 , KOI_{Cr}).

2. táblázat: Környezetminőségi osztály jegyek

Minőségi osztály [J_i]	Minőségi kategóriák	Vizsgált paraméter 1	Vizsgált paraméter 2	Vizsgált paraméter 3	Vizsgált paraméter 4	Vizsgált paraméter 5
1	Erősen meghaladó	VP_{1K1}^*	VP_{2K1}^*	VP_{3K1}^*	VP_{4K1}^*	VP_{5K1}^*
2		VP_{1K2}	VP_{2K2}	VP_{3K2}	VP_{4K2}	VP_{5K2}
3	Meghaladó	VP_{1K3}	VP_{2K3}	VP_{3K3}	VP_{4K3}	VP_{5K3}
4		VP_{1K4}	VP_{2K4}	VP_{3K4}	VP_{4K4}	VP_{5K4}
5	Határérték közeli	VP_{1K5}	VP_{2K5}	VP_{3K5}	VP_{4K5}	VP_{5K5}
6		Adott komponens jogszabályba foglalt határértéke**				
7	Megfelelő	VP_{1K7}	VP_{2K7}	VP_{3K7}	VP_{4K7}	VP_{5K7}
8		VP_{1K8}	VP_{2K8}	VP_{3K8}	VP_{4K8}	VP_{5K8}
9	Jó	VP_{1K9}	VP_{2K9}	VP_{3K9}	VP_{4K9}	VP_{5K9}
10		VP_{1K10}	VP_{2K10}	VP_{3K10}	VP_{4K10}	VP_{5K10}
Környezetminőségi osztály jegy (J_i)		J_1	J_2	J_3	J_4	J_5

* VP_{iK1} : Az i. vizsgált paraméter 1. minőségi osztályhoz tartozó minimum értéke.

** A VP_{iK6} érték mindig a vizsgált paraméterre vonatkozó határértékkel egyenlő

A következő lépés a komplex környezetszennyezési index meghatározása a **(2) egyenlet** alapján történik:

$$I_{PG} = 100 / \left(\sum_{j=1}^a J_{ej} / a \right)^2 \quad (2)$$

ahol:

I_{PG} – komplex környezetszennyezési index.

J_{ej} – az j. környezeti elem/komponens jegye.

a – a vizsgált környezeti elem/komponens száma.

j – a vizsgált környezeti elemet/komponenst jelöli.

A kiszámolt I_{PG} érték és a **3. táblázat** alapján meghatározható a környezet állapota. A komplex környezetszennyezési index módszer esetében minél kisebb az I_{PG} érték, annál jobb a környezet állapotának minősége.

3. táblázat: A környezet állapota az I_{PG} érték alapján

I_{PG}	A környezet állapota
$I_{PG} = 1$	Az emberi tevékenység által nem befolyásolt környezet
$1 < I_{PG} < 2$	Megengedett határok mellett, emberi tevékenység hatásának kitett környezet
$2 \leq I_{PG} < 3$	Emberi tevékenység hatásának kitett környezet zavaró helyzetet okozva
$3 \leq I_{PG} < 4$	Emberi tevékenység hatásának kitett környezet, rendellenességeket okozva
$4 \leq I_{PG} < 6$	Az emberi tevékenység által súlyosan befolyásolt környezet
$6 \leq I_{PG}$	Degradált környezet, nem megfelelő az életformák fennmaradására

3.2 Integrált mennyiségi módszer

Brindusa Michaela Robu a doktori disszertációjában [97][129] publikálta az „Integrált mennyiségi környezetfelmérő módszerét” (továbbiakban integrált mennyiségi módszer), melyet a környezeti hatásokra és a kockázatok vizsgálatára egyaránt használni lehet. A vizsgálatot a figyelembe veendő környezeti elemek/komponensek kiválasztásával kezdi (4. táblázat), ezek lehetnek például:

- ♦ felszíni víz {R (River-folyóvíz) vagy L (Lake-állóvíz)},
- ♦ felszín alatti víz {G (Groundwater)},
- ♦ közcsonna {P (Public Sewer)},
- ♦ levegő {A (Air)},
- ♦ földtani közeg {S (Soil)},

A környezeti elemeket/komponenseket mátrixba kell rendezni a 4. táblázat szerint. A mátrix első sorában illetve oszlopában egyaránt a környezeti elemek/komponensek súlyai szerepelnek (R, L, G, P, A, S értékek), melyeket az értékelő határoz meg a prioritásai alapján, a mátrix elemeit pedig a vizsgált környezeti elemek/komponensek páronként egymáshoz viszonyított súlyainak hányadosai képviselik.

4. táblázat: A környezeti elemek mátrixa

Környezeti elem	Felszíni víz (R)	Felszín alatti víz (G)	Közcsonna (P)	Levegő (A)	Földtani közeg (S)
Felszíni víz (R)	R/R	R/G	R/P	R/A	R/S
Felszín alatti víz (G)	G/R	G/G	G/P	G/A	G/S
Közcsonna (P)	P/R	P/G	P/P	P/A	P/S
Levegő (A)	A/R	A/G	A/P	A/A	A/S
Földtani közeg (S)	S/R	S/G	S/P	S/A	S/S

$0 < R, G, P, A, S < 1$, de $R+G+P+A+S \neq 1$

Minden egyes figyelembe vett környezeti elemhez/komponenshez fontossági értéket kell rendelni nullától egyig terjedő skálán, ahol az egy a legjelentősebb fontosságot jelenti. Ezt követően az alábbi táblázatban (5. táblázat) szereplő módon standardizált pontszámot (SN) és fontossági egységet (UI) kell számolni minden egyes környezeti elemre/komponensre vonatkozóan. A standardizált pontszám, SN érték reciprokával képzendő az elemátrix oszloponkénti elemeinek összegéből az 5. táblázat szerint. A későbbi értékelés egyszerűsítése érdekében Brindusa bevezette a fontossági egység, UI értéket, mely az SN érték ezerszerese.

5. táblázat: A standardizált pontszám és a fontossági egység meghatározása

Környezeti elem	Standardizált pontszám (SN)	Fontossági egység (UI=SN*1000)
Felszíni víz (R)	$x = \frac{1}{(R/R + G/R + P/R + A/R + S/R)}$	X=x*1000
Felszín alatti víz (G)	$y = \frac{1}{(R/G + G/G + P/G + A/G + S/G)}$	Y=y*1000
Közcsatorna (P)	$v = \frac{1}{(R/P + G/P + P/P + A/P + S/P)}$	V=v*1000
Levegő (A)	$w = \frac{1}{(R/A + G/A + P/A + A/A + S/A)}$	W=w*1000
Földtani közeg (S)	$z = \frac{1}{(R/S + G/S + P/S + A/S + S/S)}$	Z=z*1000
Összesen	1,00	1000

A környezeti elem/komponens adott környezeti paraméterének minősége (Q_{pi}), egyenlő a paraméterre vonatkozó határérték (C_{MA}) (a nemzeti/hazai jogszabályoknak megfelelően) és az aktuálisan mért/számított/előre jelzett koncentráció (C_{di}) hányadosával (3) egyenlet). A meghatározott koncentráció egy bizonyos helyen és időpontban, egy bizonyos minőségi paraméterre vonatkozik, amely az adott környezeti paraméterre specifikus.

$$Q_{pi} = C_{MA} / C_{di} \quad (3)$$

A környezeti hatás (IM_i), minden egyes környezeti paraméterre egyenlő a környezeti elem/komponens fontossági egységének (UI_i) és a környezeti paraméter minőségének (Q_{pi}) a hányadával, amelyet formálisan a (4) egyenlet mutat be.

$$IM_i = UI_j / Q_{pi} \quad (4)$$

ahol:

- i** – az adott környezeti paramétert jelöli a vizsgált környezeti elem/komponens esetében (pl. felszíni víz esetében: BOI_5 , KOI_{Cr}).
- j** – a vizsgált környezeti elemet/komponenst jelöli.
- IM_i** – a vizsgált környezeti paraméter környezeti hatása.
- UI_j** – a vizsgált környezeti elem/komponens fontossági egysége.
- Q_{pi}** – az i-edik környezeti paraméter minőségi indexe.

Minden egyes környezeti elemre/komponensre vonatkoztatott környezeti hatás a környezeti elem/komponens esetében vizsgált környezeti paraméterekben bekövetkezett változás által előidézett hatások átlagával egyenlő **(5) egyenlet)**:

$$IM_{ej} = \sum_{i=1}^n IM_i / n \quad (5)$$

ahol:

- IM_{ej}** – a környezeti hatás értéke a j. környezeti elemre/komponensre.
- n** – a vizsgált környezeti paraméterek száma az adott környezeti elem/komponens vonatkozásában.

A környezet egészére vonatkozó környezeti hatás (IM_k) érték a környezeti elemenkénti/komponensenkénti IM_e értékek összegzésével számolható **((6) egyenlet)**.

$$IM_k = \sum_{j=1}^a IM_{ej} / a \quad (6)$$

ahol:

- IM_k** – a környezeti hatás értéke a vizsgált környezetre.
- a** – a vizsgált környezeti elemek/komponensek száma az adott környezet vonatkozásában.

Ezt követően az egyes környezeti elemek/komponensek vonatkozásában az alábbi egyenlettel környezeti kockázat számolható **(7) egyenlet)**:

$$RM_{ej} = \sum_{j=1}^n IM_{ej} \cdot SN_{ej} \quad (7)$$

ahol:

RM_{ej} – a j. környezeti elemre/komponensre vonatkozó környezeti kockázat.

IM_{ej} – a környezeti hatás értéke a vizsgált környezeti elemre.

SN_{ej} – a j. környezeti elem sztandardizált pontszáma.

A környezet egészére vonatkozó környezeti kockázat (RM_k) érték a környezeti elemekre (RM_e) számolt környezeti kockázat értékek összegével határozandó meg **(8) egyenlet)**.

$$RM_k = \sum_{j=1}^n RM_{ej} \quad (8)$$

ahol:

RM_k – a környezet egészére vonatkozó környezeti kockázat.

A környezeti hatás (IM_k) illetve a környezeti kockázat (RM_k) értékelése a **6. táblázat** alapján történik. Az integrált környezetminőségi módszer esetében minél kisebb az IM_k érték, annál kisebb a környezeti hatás, valamint minél kisebb az RM_k érték, annál kisebb a környezeti kockázat.

6. táblázat: A környezeti hatás és a környezeti kockázat osztályozása

Környezeti hatás (IM_k)	Leírás	Környezeti kockázat (RM_k)	Leírás
< 100	Az emberi tevékenység által nem befolyásolt környezet	< 100	Elhanyagolható kockázat
100 – 350	Megengedett határok mellett, emberi tevékenység hatásának kitett környezet	100 – 200	Minimális kockázat, ellenőrzési folyamat szükséges
350 – 500	Emberi tevékenység hatásának kitett környezet, zavaró helyzetet okozva	200 – 350	Közepes kockázat, elfogadható szinten, ellenőrzési és megelőzési folyamat szükséges
500 – 700	Emberi tevékenység hatásának kitett környezet, rendellenességeket okozva	350 – 700	Közepes kockázat, nem elfogadható szinten, megelőzési folyamatok szükségesek
700 – 1000	Az emberi tevékenység által súlyosan befolyásolt környezet	700 – 1000	Közepes kockázat, megelőzési és kontrol folyamat szükséges
> 1000	Degradált környezet, nem megfelelő az életformákra	> 1000	Fontos kockázat, megelőzési folyamat szükséges

3.3 A Battelle-féle környezetértékelési rendszer

A környezetértékelési rendszer (KÉR) módszert az USA-ban a Battelle Columbus Laboratórium dolgozta ki (továbbiakban Battelle módszer) [81][98][99]. A kutató csoport 78 környezeti paramétert határozott meg, melyek relatív fontosságát összemérhető egységekben fejezték ki. Ezt az értéket paraméterfontossági egységeknek (PFE) nevezték el. A 78 környezeti paramétert négy (ökológia, környezetszennyezés, esztétika és humán érdekek) osztályba és 17 kvantitatív elem kategóriába (ökológia: fajok/populációk, tartózkodási helyek/közösségek; környezetszennyezés: vízszennyezés; levegőszennyezés, talajszennyezés, zajszennyezés; esztétika: terület, levegő, víz, növény/állatvilág, gyártott termékek, összetétel; humán érdekek: neveléstudomány, történelem, kultúra, közérzet, életvitel) csoportosították [98][99].

A Battelle módszerben a környezeti paraméterekhez összesen 1000 paraméterfontossági egység (PFE) került kiosztásra, először a 4 osztályhoz (240-402-153-205), azután a 19 kvantitatív elemkategóriához és végül a 78 paraméterhez. Meghatározásra kerültek az osztályok, illetve a paraméterek egymáshoz való viszonya, ezáltal a fontossága, azaz a relatív súlya. A Battelle-féle környezetértékelési alapkoncepció szerint minden projekt alternatívára kifejleszhető egy mutató, amelyet környezeti hatásegységekben (KHE) állapítanak meg. Ennek a mutatónak a matematikai megfogalmazása a **(9) egyenlet** szerint alakul:

$$KHE_m = \sum_{i=1}^n (KM)_{im} (PFE)_i \quad (9)$$

ahol:

KHE_m – környezeti hatásegység az m. projektváltozathoz.

KM_{im} – környezetminőségi skálaérték az i. környezeti paraméterhez és m. projektváltozathoz.

PFE_i – paraméterfontossági egységek az i. környezeti paraméterhez.

A módszer alkalmazása során a környezeti tényezőkre alapadatokat gyűjtenek, majd funkcionális összefüggések használatával az adatokhoz környezetminőségi skálaértékeket rendelnek. A rendszerben minden környezeti paraméterhez tartozik egy értékösszefüggés (diagram), melynek az abszcisszatengelyén a paraméterek mért értékei

szerepelnek, még az ordinátatengelyen a paraméterhez tartozó környezetminőségi skálaértékek (lásd később: **5.1.1 fejezet**). A környezetminőség értéke 0-1 tartományban változhat, ahol a nulla a nagyon rossz minőséget és az egy a nagyon jó, elérni kívánt minőséget jelenti.

A leolvasott skálaértékeket megszorozzuk a megfelelő paraméterfontossági egységgel és a kapott szorzatok összegzésével kiszámítható az összesített környezeti hatásegység értéke mind az alapállapot, mind pedig az egyes projekt változatok esetében egyaránt.

Amennyiben a módszer egy lehetséges állapot előrejelzésére használandó, abban az esetben az értékeléséhez szükséges a vizsgált környezetértékelési paraméterek feltételezett változásának az előrejelzése. A tényezők előre jelzett értékei környezetminőségi skálaértékekké konvertálhatók felhasználva a megfelelő funkcionális összefüggéseket ezáltal számolható a projekt változatok összesített környezeti hatásegység értéke.

A környezeti hatásegységek kiszámíthatók az alapállapotra (KHE_a) és a különböző projekt alternatívákra egyaránt, például a j . illetve a $m+1$. alternatívára; KHE_m és KHE_{m+1} . A m . **((10) egyenlet)** illetve a $m+1$. **((11) egyenlet)** projekt alternatívára és az alapállapotra vonatkozó környezeti hatásegységek közötti különbség az alábbi egyenletekkel írható fel:

$$\Delta_m = KHE_m - KHE_a \quad (10)$$

$$\Delta_{m+1} = KHE_{m+1} - KHE_a \quad (11)$$

A projektalternatívák (m ; $m+1$) közül az a választandó, amelyik esetében kisebb az alapállapot viszonylatában kapott Δ érték (Δ_m ; Δ_{m+1}).

Két alternatíva Battelle-féle környezetértékelési rendszerrel történő összehasonlításakor minél nagyobb a KHE érték, annál jobb a környezet állapota.

3.4 A TOPSIS és SAW módszer

TOPSIS módszer

A TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) módszer egy olyan többkritériumos döntési módszer, melyet Hwang és Yoon dolgoztak ki 1981-ben, majd később ezt többször is módosították. A módszert egy kőolaj-feldolgozó üzem kibocsátásának, illetve az ezzel járó környezetterhelés becslésének meghatározására alkalmazták először [100][101][102].

Az eljárás során a projekt alternatívák a vizsgáló elvárásai és szándéka szerint felállított kritériumok alapján kerülnek rangsorolásra, melyekhez az értékelő a preferenciájától függően súlyokat rendel. Így a módszer segítségével meghatározható az a projekt alternatíva, mely az elvárások tekintetében ideálisnak tekinthető. Az elemzés lépései a következők.

Alapmátrix felírása

Az alapmátrix (7. táblázat) felírásakor az oszlopok a különböző kritériumokat (környezetállapot vizsgálata esetén a környezeti paramétereket) (K_1 , K_2 , K_3) tartalmazzák, amelyek alapján a döntés meghozható. A sorokba kerülnek az alternatívák megnevezései (környezetállapot vizsgálata esetén pl.: beruházás előtti és utáni állapot megnevezése, vagy adott helyszínek különböző időpontokban történő vizsgálatának megnevezése) (P_1 , P_2 , P_3), melyeket rangsorolni kell a két szélsőséges alternatívától való távolság szerint. Minden kritériumhoz meghatározandó a kritérium fontossági súly (W_1 , W_2 , W_3), melyek összege mindig egy kell, hogy legyen.

7. táblázat: Alapmátrix általános felírása

Alternatíva	Kritérium	K_1	K_2	K_3
	Súly	W_1	W_2	W_3
P_1		y_{11}	y_{12}	y_{13}
P_2		y_{21}	y_{22}	y_{23}
P_3		y_{31}	y_{32}	y_{33}

ahol: y_{11} az 1. alternatíva esetén mért 1. paraméter értéke

Az alapmátrix normalizálása

A normalizálás lényege, hogy a folyamat során a paraméterek dimenziómentes, ezáltal összehasonlítható értékűvé válnak. A normalizálás során a mátrix egyes oszlopaiban lévő

elemek négyzeteinek összegéből négyzetgyököt kell vonni, majd az adott oszlop minden eleme elosztásra kerül a saját oszlopához tartozó négyzetösszegek gyökével a **(12) egyenlet** alapján.

$$y_{11,norm} = \frac{y_{11}}{\sqrt{y_{11}^2 + y_{21}^2 + y_{31}^2}} \quad (12)$$

Súlyozás

A súlyozás során minden mátrix elem megszorzásra kerül a kritériumokhoz rendelt súllyal a **(13) egyenlet** alapján, melynek eredményeként a normalizált-súlyozott mátrix felállítható **(8. táblázat)**.

$$V_{11} = y_{11,norm} \cdot W_1 \quad (13)$$

8. táblázat: Normalizált-súlyozott mátrix általános felírása

Kritérium Alternatíva	K ₁	K ₂	K ₃
P ₁	V ₁₁	V ₁₂	V ₁₃
P ₂	V ₂₁	V ₂₂	V ₂₃
P ₃	V ₃₁	V ₃₂	V ₃₃

Az adott kritérium paraméterre jellemző legkisebb értéktől való távolság meghatározása (S_i)

Következő lépésként minden egyes kritérium oszlopában meg kell keresni a célfüggvénynek megfelelő legjobb megoldást (környezeti paraméterek esetében a legkisebb V_{index1index2} értéket) és minden elem esetén számolandó az ettől való távolság, azaz a legkisebbtől való eltérés.

Feltételezve, hogy a példa mátrixban kritériumonként a V_{min1}=V₁₁, V_{min2}=V₂₂, V_{min3}=V₃₃ értékek eredményezik a lehető legjobb megoldást (a vizsgálat céljától függően a mátrix oszlopának legnagyobb, vagy legkisebb értékei). Minden elem esetén meghatározandó a legjobb esettől való távolság úgy, hogy minden elemből kivonandó az oszlopához tartozó legjobb érték, majd számolandó a különbség négyzete **(9. táblázat)**.

9. táblázat: Legkisebb értéktől való távolságok

Alternatíva \ Kritérium	K ₁	K ₂	K ₃
P ₁	$(V_{11} - V_{min1})^2$	$(V_{12} - V_{min2})^2$	$(V_{13} - V_{min3})^2$
P ₂	$(V_{21} - V_{min1})^2$	$(V_{22} - V_{min2})^2$	$(V_{23} - V_{min3})^2$
P ₃	$(V_{31} - V_{min1})^2$	$(V_{32} - V_{min2})^2$	$(V_{33} - V_{min3})^2$

Ezt követően paraméterenként számolandó az S_1^- érték, mely megadja a vizsgált paraméter legkisebb környezeti paramétertől való távolságát. S_i^- értéke a **(14) egyenlet** alapján számolható. Például, jelen esetben a P₁ paraméterre:

$$S_1^- = \sqrt{(V_{11} - V_{min1})^2 + (V_{12} - V_{min2})^2 + (V_{13} - V_{min3})^2} \quad (14)$$

Az adott kritérium paraméterre jellemző legnagyobb értéktől való távolság meghatározása (S_i^+)

E lépés az előzővel azonos módon végzendő, de jelen esetben a kritériumok szempontjából legrosszabb (legnagyobb) értékkel kisebbítjük a paraméterek értékét. A példából kiindulva feltételezhető, hogy a legnagyobb értékek: $V_{max1}=V_{31}$, $V_{max2}=V_{12}$, $V_{max3}=V_{23}$. Ezt követően képezhető a **10. táblázat**.

10. táblázat: Legnagyobb értéktől való távolságok

Alternatíva \ Kritérium	K ₁	K ₂	K ₃
P ₁	$(V_{11} - V_{max1})^2$	$(V_{12} - V_{max2})^2$	$(V_{13} - V_{max3})^2$
P ₂	$(V_{21} - V_{max1})^2$	$(V_{22} - V_{max2})^2$	$(V_{23} - V_{max3})^2$
P ₃	$(V_{31} - V_{max1})^2$	$(V_{32} - V_{max2})^2$	$(V_{33} - V_{max3})^2$

A **(14) egyenlethez** hasonlóan eljárva számítható a P₁ paraméter esetén az S_1^- érték a **(15) egyenlet** alapján:

$$S_1^+ = \sqrt{(V_{11} - V_{max1})^2 + (V_{12} - V_{max2})^2 + (V_{13} - V_{max3})^2} \quad (15)$$

A relatív távolságok meghatározása (C_m^*)

Végül mátrix paraméterenként számolandó a legjobb megoldástól (környezeti paraméterek esetén a legkisebb értéket képviselő alternatívától) való relatív távolság a **(16) egyenlet** alapján. Így minden mátrix paraméterre számolható egy-egy C_m^* érték.

$$C_m^* = \frac{S_m^-}{S_m^+ + S_m^-} \quad (16)$$

A relatív távolságokat csökkenő sorrendbe rendezve adódik a TOPSIS rangsor (R_{Tm}), minél kisebb a C_m^* érték, annál kedvezőbb a mátrix paraméter (azaz a projekt alternatíva) [100].

SAW módszer

A SAW (Simple Additive Weighting) módszert Churchman és Ackoff publikálta először 1957-ben [103]. A módszer azon alapul, hogy az egyes alternatívák súlyozásával, majd a szorzatok összeadásával meghatározható egy adott alternatíva p_m értéke az alábbi egyenlettel (**(17) egyenlet**), majd a p_m érték sorbarendezeit követően felállítható az alternatívák SAW rangsora (R_{Sm}) a kitűzött cél szerint [101].

$$p_m = \sum_{n=1}^k W_n \cdot r_{mn} \quad (17)$$

ahol:

- p_m – az m . alternatíva maximalizált/minimalizált súlyozott értéke.
- W_n – az n . környezeti kritérium súlya.
- r_{mn} – a döntési mátrix elemeinek normalizált alakja (a TOPSIS módszernél leírtakkal azonos módon végezve).

A súlyok megválasztásánál két fontos szempontot is figyelembe kell venni: egyrészt a rangsorral mit kíván az értékelő hangsúlyozni, vagyis a súlynak tükröznie kell a vizsgálatot végző preferenciáját, a kritériumok között felállítani kívánt fontossági sorrendet, másrészt pedig a súlyok összege egy kell, hogy legyen.

Az adatok összemérhetősége érdekében, a döntési mátrix elemeit normalizálni kell. E normalizálás többféleképpen is végezhető, függően attól, hogy a kritériumok maximuma

tekintendő mérvadónak – akkor maximalizálás a cél **((18) egyenlet)** – vagy a minimuma – akkor minimalizálás **((19) egyenlet)** [101].

Amennyiben a célfüggvény szerint a maximális értékhez történik a viszonyítás, akkor:

$$r_{mn} = \frac{y_{mn}}{y_{n,max}} \quad (18)$$

Amennyiben viszont a minimális értékhez viszonyítva állítandó fel egy rangsor, akkor:

$$r_{mj} = \frac{y_{mj}}{y_{j,min}} \quad (19)$$

A SAW módszer környezetállapot-értékelésnél történő alkalmazása során is minél kisebb a p_m érték alapján meghatározott rangsor érték, annál kedvezőbb a mátrix paraméter, azaz annál jobb a környezet állapota.

4 Az irodalom kritikai áttekintése

A környezetállapot-értékeléssel foglalkozó szakirodalom áttanulmányozása alapján megállapítható, hogy az ismertetett mennyiségi módszerek számos előnnyel járnak, azonban bizonyos esetekben korlátokkal is kell számolni.

A vizsgált mennyiségi módszerek előnye, hogy képesek különböző projekt alternatívákat összehasonlítani, így szerves részét képezhetik egy összetett környezetállapot-értékelési/környezeti hatás vizsgálat lefolytatásának. A módszerek letisztultak, többé-kevésbé könnyen használhatók. Az előnyök mellett azonban két területen kérdések merülnek fel:

- ♦ a környezeti paraméterekre vonatkozó határérték és a mért/számított érték között történik-e összehasonlítás, és
- ♦ a környezeti paraméterek, illetve a környezeti elemek/komponensek súlyozásának/rangsorolásának/fontosságának kérdése.

1) A Battelle-féle környezetminőségi skálaérték [81] megállapításánál egy kategóriarendszert kell felállítani, amely az egzakt módon definiált összefüggések hiányában időnként nagyfokú bizonytalanságot, illetve szubjektív megítélést eredményezhet. Az értékösszefüggés középső értékéhez ($y = 0,6$) a vizsgált környezeti paraméterre vonatkozó egészségügyi (immissziós) határérték tartozik. Ezt követően azonban a módszer a további lépései során nem számol a határértékekkel. Az összefüggések meghatározása különösen a társadalmi, gazdasági környezeti hatásoknál jelenthet problémát (egyértelműen nem számszerűsíthető hatások).

A Battelle módszer esetében a paraméterfontossági egységek meghatározása kritikus. Tekintettel arra, hogy a különböző környezeti elemekben/ komponensekben és a környezeti paraméterek számosságát illetően jelentős, esetenként nagyságrendbeli eltérések is lehetnek, ez jelentős eltérést idézhet elő a környezeti paraméterfontossági egységekben, bár ezekre különböző matematikai algoritmusokat ajánlanak.

2) A Brindusa által kifejlesztett környezetszennyezési index [99][129] módszer könnyen és célirányosan kezelhető, különösen projektek esetében. A környezetszennyezési index módszer jegyrendszerében ugyan megjelennek a határértékek, viszont az értékelés során átlagértékekkel számol, így az esetleges határérték túllépéseket a módszer nem veszi kellő súllyal számításba.

Tekintettel arra, hogy a környezeti komponensek fontossága/súlya a környezetállapotban torzulást eredményezhet, ezért annak további finomítása szükséges. E megállapítás kiterjeszhető a környezet egészére, mert ott is a környezeti komponensek hatását összesíti és azokra súlyozást nem alkalmaz.

- 3) Brindusa által kidolgozott integrált mennyiségi módszer [99][129] az egyetlen a vizsgált módszerek közül, amelyik a környezeti paraméterre vonatkozó mért érték és határérték arányát vizsgálja.

Ugyanakkor kérdést vet fel, hogy a környezeti komponensre gyakorolt hatás számítása során a környezeti komponens esetében figyelembe vett környezeti paraméterek hatását összeadja, és ezt nem korrigálja a környezeti paraméterek számával különböző környezeti elemek/komponensek esetén.

- 4) A TOPSIS-SAW módszerek [100][101] alternatívák összehasonlítását végzik, azonban környezetállapot-értékelés lefolytatása során nem minden esetben állnak rendelkezésre összehasonlítható alternatívák. Ebben az esetben a döntési mátrix megalkotásánál a paraméterek és kritériumok nehezen azonosíthatók.





Emellett fontos megjegyezni, hogy a TOPSIS-SAW módszer nem veszi figyelembe a környezeti paraméterekre vonatkozó határértékeket.

Összességében megállapítható, hogy a vizsgált módszerek kevésbé érzékenyek a környezeti paraméterek vonatkozásában mért kiugró értékekre, azaz a határértéket meghaladó kibocsátásokra.

Emellett probléma a környezeti elemek/komponensek számosságának illetve súlyának figyelmen kívül hagyása is.

Amennyiben a vizsgált mennyiségi módszerek együttes/párhuzamos alkalmazásával kerül sor a környezetállapot-értékelésre, akkor a párhuzamosan megállapított eredmények értelmezése, illetve összehasonlítása nehézségbe ütközik a végeredmények értelmezésének eltérése miatt. A **11. táblázat**ban szereplő nyilak a különböző vizsgált mennyiségi módszerek végeredményeinek (I_{PG} érték, IM_k RM_k érték, KHE_k érték és R_{TS} érték) összehasonlíthatóságát segítik. A nyíl zöld vége a jobb környezeti állapotra utal, a piros vége a rossz környezeti állapotra. A nyíl alsó vége mindig a kisebb végeredmény értékre utal a felső vége pedig a nagyobb végeredmény értékre.

11. táblázat: A vizsgált környezetállapot-értékelést támogató mennyiségi módszerek végeredményeinek értelmezése

Módszer megnevezése	Komplex környezet-szennyezési index	Integrált mennyiségi módszer	Battelle-féle környezet-értékelési rendszer	TOPSIS és SAW módszerek
Az értékelés alapját képező érték megnevezése	I_{PG} érték	IM_k és RM_k érték	KHE_k érték	R_{TS} érték
A környezetminőség interpretálását támogató jelölés				

Mivel a disszertációm célja egy új környezetállapot-értékelő módszer kifejlesztése volt, ezért az irodalmi módszerek elméleti értékelését követően, gyakorlati példákon keresztül kívánom tesztelni az algoritmusokat, hogy a bemutatott módszerek hátrányait, illetve korlátait kiküszöbölendően egy új típusú környezetállapot értékelő megközelítést dolgozzak ki dolgozatomban. Ehhez négy teljesen eltérő esetet választottam annak érdekében, hogy az esettanulmányok vizsgálatával a lehető legtöbb különbség (előnyök, illetve hátrányok) feltárásra kerülhessen. Ezt követően a tesztelések eredményeiből leszűrt tapasztalatok alapján kifejlesztett önálló módszer használhatóságát a korábban is vizsgált négy mintaterületen keresztül vizsgáltam.

II. KÍSÉRLETI RÉSZ

Doktori cselekményemben célul tűztem ki, hogy különböző környezetállapot-értékelési esettanulmányok alapján az irodalomban rendelkezésre álló módszerek figyelembevételével módszertani fejlesztést valósítsak meg, egy új típusú környezetállapot-értékelő módszer kifejlesztése céljából.

A disszertációmban különböző, az irodalomban rendelkezésre álló, valamint az általam kifejlesztett módszer validálását/tesztelését illetően négy mintaterületet vizsgáltam, ügyelve arra, hogy ipari projektekre, települési környezet állapotára, természeti környezet állapotváltozására, valamint vészhelyzetre vonatkozóan is végezzek környezetállapot-értékeléseket.

Disszertációm célkitűzése egy olyan objektív, megbízható és széles körben alkalmazható mennyiségi környezetállapot-értékelési módszer kifejlesztése, amely különböző projektek, tervek, javaslatok esetében könnyen adaptálható módon használható, emellett egyértelmű és konzekvens eredményeket szolgáltat.

Az esettanulmányokban négy különböző mintaterületet vizsgáltam:

I. esettanulmány: Zirc város vizsgálatával egy települési környezet állapotváltozását elemeztem hét éves (2006-2013) periódusra vonatkozóan.

II. esettanulmány: Egy multinacionális autóiipari beszállító vállalat (DENSO Manufacturing Hungary Kft., továbbiakban DMHU) környezeti teljesítményének mérését végeztem el.

III. esettanulmány: Környezeti katasztrófa eseményt követő környezetállapotot értékeltem a 2010. évi ajkai vörösiszap katasztrófa 2. napján mért szennyezettségi adatok alapján.

IV. esettanulmány: A Balaton, mint megkülönböztetett természeti érték környezetállapotának összehasonlítását vizsgáltam a tó 10 különböző helyszínéről származó mérési eredmények alapján.

Az értékeléshez, illetve az összehasonlításokhoz négy különböző mennyiségi környezetállapot-értékelési módszert alkalmaztam, melyek metodikáját az irodalmi részben ismertettem. Az értékelésekhez használt módszerek sorban a következők:

- ♦ Brindusa komplex környezetszennyezési indexe,
- ♦ Brindusa integrált mennyiségi módszere,
- ♦ Battelle-Columbus módszer, és a
- ♦ TOPSIS-SAW módszer.

A módszerek használata során szerzett tapasztalatok alapján, illetve a felmerült kérdések értékelésével egy új típusú környezetállapot-értékelési módszert dolgoztam ki, mellyel újra értékeltem a négy mintaterület környezetállapotát. Az elvégzett „tesztelések” során kapott eredményeket összehasonlítottam az irodalmi módszerek használata során kapott eredményekkel, annak érdekében, hogy igazoljam az általam kidolgozott és bemutatásra kerülő módszer megbízhatóságát és széleskörű használhatóságát az irodalmi módszerekkel szemben.

5 Környezetállapot-értékelési módszerek összehasonlítása esettanulmányok alapján

Disszertációmban az irodalomban áttekintett mennyiségi környezetállapot-értékelő módszerek átfogó összehasonlítása céljából a módszereket négy esettanulmányra vonatkozóan vizsgáltam meg az alkalmazhatóság és az eredmények összehasonlítása céljából. Nevezetesen Zirc város, a DMHU, a Balaton és az ajkai vörösiszap katasztrófa esetére vonatkozóan vizsgáltam a módszereket azzal a céllal, hogy az eredmények alapján egy új típusú környezetállapot-értékelő módszert dolgozzak ki.

Zirc város esetén részben saját mérési eredményekre támaszkodtam, a többi esetben az irodalomban vagy nyilvánosan rendelkezésre álló adatok alapján dolgoztam, és végeztem el az értékeléseket.

Zirc város 2006-os mérési adatai a Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézetének felméréséből származnak [104], a 2013-as adatok pedig saját mérési eredményeim. A DMHU kutatómunkám elvégzéséhez rendelkezésemre bocsátotta a vállalat székesfehérvári üzemének 2012. évi teljes környezeti szempontból releváns adatsorát [105]. Kolontár esetében hivatalosan publikált [106] és meghivatkozott forrásokból származó adatokat használtam fel, a balatoni vizsgálatok pedig közérdekű kiadvány [107] adatai alapján készültek.

Jelen fejezet első alfejezete (**5.1 fejezet**) Zirc város környezetállapotának vizsgálatát részletezi a kutatás tárgyául választott négy (komplex környezetszennyezési index, integrált mennyiségi, Battelle és TOPSIS-SAW) értékelő módszerrel. Zirc esetében mind a négy vizsgált mennyiségi módszer algoritmusai, illetve az értékelés során számolt köztes eredmények/részeredmények is bemutatásra kerültek. A példákon keresztül részletesen bemutatásra kerül az egyes módszerek alkalmazhatósága, a levezetések folyamán pedig ismertetésre kerültek a módszerek vonatkozásában általam javasolt fejlesztések az alapszerekekhez képest.

Az **5.2 alfejezet** részletezi a DMHU értékeléseinek eredményeit, majd az **5.3 alfejezetben** Kolontár környezetállapot vizsgálatának eredményei, még az **5.4 alfejezetben** a Balatonnal kapcsolatos környezetértékelési eredmények találhatók. Végül

az **5.5 alfejezet**ben összefoglaló értékelés található az esettanulmányok vonatkozásában levont tapasztalatokról, illetve következtetésekről.

5.1 I. esettanulmány: Zirc város környezetállapotának vizsgálata különböző állapotértékelési módszerekkel

Zirc Veszprémtől 25 km-re északra, Pápától 45 km-re keletre, a Balatontól 35 km-re, Győrtől pedig 57 km távolságra fekszik. Zirc területe 37,40 km², népsűrűsége 189,79 fő/km². A város lakossága 2012-ben 7106 fő volt [108][109][110].

Zirc városában több oktatási intézmény (óvoda, iskola) és egyéb közintézmények (pl.: posta, könyvtár, múzeum), valamint építőipari és autóipari tevékenységet folytató cégek működnek. Fontos kiemelni a településen üzemelő szennyvíztisztítót, mely működésével jelentősen befolyásolja a városon átfolyó Cuha-patak vízminőségét. Zircen megtalálható néhány jelentős, műemléki és helyi védelem alatt álló objektum és természetvédelmi terület is [109][110].

Amikor disszertációm kutatómunkájához, a környezetállapot-értékelési módszerek alkalmazására és összehasonlítására modell területeket kerestem, a Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézete rendelkezésemre bocsátotta az Intézet által 2006 nyarán (felszíni víz: 2006. június 8., levegő: 2006. július 17-19) a Zirci Kistérség Többcélú Társulásának felkérésére a közigazgatási területén levegő és felszíni víz környezeti elemekre végzett vizsgálatainak eredményeit. A 2006-ban lefolytatott települési környezetállapot-értékelés a felszíni vízre és a légköri szennyezőkre korlátozódott. A város vonatkozásában a talaj vizsgálatokra nem került sor, mivel egy beépített települési környezet vonatkozásában kevésbé releváns a talaj minősége, hiszen a szennyezés folyamatos, nem kiküszöbölhető, a talaj pedig művelési ágból kivont területnek tekinthető.

A települési környezetállapot összehasonlíthatósága érdekében Zirc város Városgazdálkodási Osztályának munkatársaival egyeztetve, illetve hozzájárulásukkal Zirc város területére korlátozottan újabb méréseket folytattam a Környezetmérnöki Intézet kollégái és hallgatói segítségével. A mérések helyszínéül a korábbi helyszínekkel azonos területet választottam, mely területek pontos adatai a **12. táblázat**ban, illetve a **3. ábra** térképén láthatók [111]. Kizárólag azokat a környezeti elemeket (levegő, felszíni

víz) vizsgáltam (lásd.: **13. táblázat** és **14. táblázat**), melyek vonatkozásában 2006-ban is történtek mérések.

12. táblázat: Zirc város területén mért adatok helyszínei és időpontjai illetve időtartamai

Mérési pont neve	Helyszín	EOV koordináták	Időpont/Időtartam	Időpont/Időtartam megnevezése a továbbiakban
Vízminőségi vizsgálatok				
V1	Zirc előtt (82-es út, vasúti átkelő előtt)	E562371 N212323	2006. 06. 08.	2006. nyár
			2013. 03. 05.	2013. tél
			2013. 07. 02.	2013. nyár
V2	Zirci bevásárlóközpont Zirc, Állomás u. 5.	E561413 N214294	2006. 06. 08.	2006. nyár
			2013. 03. 05.	2013. tél
			2013. 07. 02.	2013. nyár
V3	Csalogány Kemping, Zirc-Kardosrét	E560916 N216016	2006. 06. 08.	2006. nyár
			2013. 03. 05.	2013. tél
			2013. 07. 02.	2013. nyár
Levegőminőségi vizsgálatok				
L1	Zirc Városi Erzsébet Kórház és Rendelő- intézet, Zirc, Béke u.	E560618 N213557	2006. 07. 17.	2006. nyár
			2013. 01. 24- 2013. 01. 30.	2013. tél
			2013. 06. 13- 2013. 06. 20.	2013. nyár
L2	Polgármesteri Hivatal, Zirc, Március 15. tér 1.	E561260 N213775	2006. 07. 18.	2006. nyár
			2013. 01. 31- 2013. 02. 06.	2013. tél
			2013. 07. 01- 2013. 07. 07.	2013. nyár
L3	Csalogány Kemping, Zirc-Kardosrét, Győri utca 1.	E605448 N237892	2006. 07. 19.	2006. nyár
			–	–
			2013. 07. 08- 2013. 07. 15.	2013. nyár

2013. téli időszakban Zirc-Kardosrét mérési ponton az időjárási illetve az abból adódó terepviszonyok miatt nem állt módunkban levegőminőségi vizsgálatokat végezni, így arra az időpontra vonatkozóan nem szerepelnek mérési adatok a **12. táblázatban**.



3. ábra: A zirci levegőminőségi és vízvizsgálati mérési pontok elhelyezkedése

13. táblázat: Zirc város területén 2006-ban és 2013-ban mért vízminőségi alapadatok

Helyszín	Időpont	Környezetminőségi paraméterek					
		Vezető-képesség (µS/cm)	KOI (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Fe (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
V1	2006. nyár	754	1,5	11,96	0,13	0,06	0,02
	2013. tél	836,7	1,44	6,04	0,1	0,06	0,00136
	2013. nyár	861	12,8	0,9945	0,08	0,1	0,135
V2	2006. nyár	729	1,8	22,59	0,17	0,02	0,03
	2013. tél	877,6	0,64	7,64	0,06	0,01	0,01918
	2013. nyár	985	3,3	14,9724	0,05	0,1	0,169
V3	2006. nyár	835	5,2	30,57	0,57	0,04	0,044
	2013. tél	894,1	0,24	5,55	0,08	0,09	0,01918
	2013. nyár	1175	10	18,011	0,12	0,1	0,31

A Zirc várossal kapcsolatos vizsgálatom célja az volt, hogy különböző állapotértékelő módszerekkel összehasonlítsam a 2006. és 2013. év környezeti elemek állapotában illetve a környezet egészében bekövetkező változásokat. Emellett arra is választ

kerestem, hogy egy éven belül többször, ugyanazon a helyszínen mérve, lehet-e kimutatni szignifikáns környezetállapot változást az egyes környezeti elemekben és a környezetben. A **13. táblázat** és **14. táblázat** a Zirc város területén mért vízminőségi és levegőminőségi adatokat tartalmazzák minden egyes helyszínrre vonatkozóan.

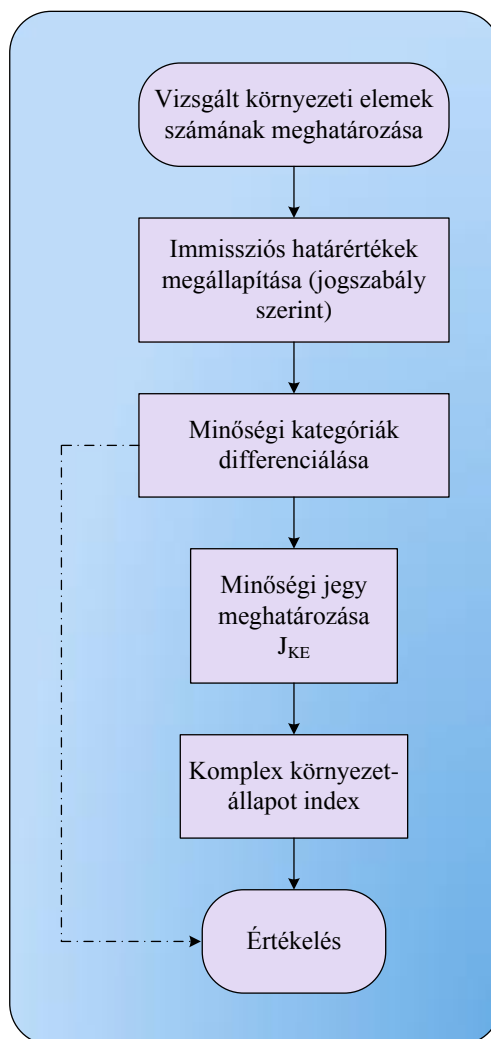
14. táblázat: Zirc város területén 2006-ban és 2013-ban mért levegőminőségi alapadatok

Helyszín	Időpont	Környezetminőségi paraméterek ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
L1	2006. nyár	3,9	10,0	306,5	91,9	0,6	2,8
	2013. tél	15,2	17,7286	932,2	57,9	10,5	30,32
	2013. nyár	1,99	2,4544	188,468	88,4814	0,3156	17,7626
L2	2006. nyár	16,8	19,7	535,0	93,0	2,6	2,8
	2013. tél	8,09	10,0748	521,5	64,2	4,06	10,89
	2013. nyár	3,708	8,406	278,77	80,77	0,331	16
L3	2006. nyár	7,6	10,3	335,2	132,2	1,2	15,4
	2013. tél	–	–	–	–	–	–
	2013. nyár	5,9899	13,99	257,03	76,258	0,25	19,65

A levegőminőségi vizsgálatok esetében a 4/2011. (I. 14.) VM rendelet [112] vonatkozó határértékeit vettem figyelembe, a felszíni víz tekintetében pedig a 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet [113], a 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet [114] és a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet [115] határértékeivel számoltam.

5.1.1 Zirc város környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel

A módszer folyamatábráját (lépéseit) a **4. ábra** alapján szemléltettem.



4. ábra: A környezetszennyezési index módszer lépései

A vizsgált környezeti elemek kiválasztása

A vizsgálat első lépéseként kiválasztom azokat a környezeti elemeket melyek relevánsak a város környezetállapot-értékelésénél. Az érintett környezeti elemek listája az alábbiakban, a hozzájuk tartozó mérési adatok a **13. táblázat**ban és a **14. táblázat**ban találhatóak.

- ♦ Felszíni víz (River-R),
- ♦ Levegő (Air-A).

A környezetállapot-értékelésbe vont minden egyes környezeti elem vonatkozásában mért paraméterek határértékei a hatályos jogszabályok [112][113][115] segítségével

állapíthatók meg. Ezen határértékek a következő lépésben megadott minőségi kategóriák meghatározó elemét képezik.

A környezetminőségi osztályok differenciálása

A vizsgálat következő lépéseként a környezetminőségi osztályok mátrixa kerül meghatározásra. A mátrix sorai mindig tíz különböző minőségi osztályt tartalmaznak, az oszlopok száma pedig függ a környezeti elemek vonatkozásában vizsgált paraméterek számától. A környezetminőségi osztályok differenciálását szolgáló táblázatok 6. sorai az egyes paraméterekre vonatkozó határértékeket tartalmazzák [112][113][115], a zöld illetve piros „cellák” jelölése pedig függ a paraméterekhez tartozó mért értéktől. Így meghatározható a paraméterhez tartozó környezetminőségi osztály jegye (J_i) (lásd.: **2. táblázat**). A mátrix cellája zöld színű, ha nem történt határérték túllépés és piros színű, amennyiben a mért érték eléri, vagy meghaladja az előírt határértéket. Az egyes mátrixok utolsó sora levetítve mutatja a környezeti paraméterekhez tartozó J_i értékeket. A **15. táblázat** a zirci felszíni víz vizsgálat V1 ponton 2006-ban mért paraméterekre vonatkozó környezetminőségi osztály jegyeket ($J_R=J_{\text{River}}$) tartalmazza.

15. táblázat: Zirci vízminőségi vizsgálatok eredménye, adott időpontra és adott helyszínre (2006. nyár, V1)

Környezetminőségi osztály [J_R]	Környezetminőségi kategóriák	Vízminőségi paraméterek (2006. nyár, V1)					
		1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség ($\mu\text{S/cm}$)	KOI ($\mu\text{g/l}$)	NO_3^- ($\mu\text{g/l}$)	NH_4^+ ($\mu\text{g/l}$)	Fe ($\mu\text{g/l}$)	PO_4^{3-} ($\mu\text{g/l}$)
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10		Jó	100	1000	100	10	1
Környezetminőségi osztály jegy [J_{Ri}]		8	10	4	8	8	10

Mivel minden egyes időpontra, illetve helyszínre ugyanazok a környezetminőségi osztály kategóriák kerültek meghatározásra, a **16. táblázat** már csak az összesített, a felszíni

vízre vonatkozó környezetminőségi jegyeket tartalmazza. A teljes vizsgálat mérési pontjaira és időpontjaira vonatkoztatott táblázatok a **11.1 melléklet**ben találhatók.

16. táblázat: Felszíni víz minőségi osztályok jegyeinek (J_{Ri}) összegző táblázata

Időpont	Helyszín	Környezetminőségi osztály jegyek környezeti paraméterenként					
		1	2	3	4	5	6
		Vezető-képesség	KOI	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe	PO ₄ ³⁻
2006. nyár	V1	8	10	4	8	8	10
	V2	8	10	1	8	10	10
	V3	7	9	1	6	9	10
2013. tél	V1	7	10	5	8	8	10
	V2	7	10	4	9	10	10
	V3	7	10	5	9	8	10
2013. nyár	V1	7	8	8	9	7	8
	V2	7	10	3	9	7	8
	V3	6	8	2	9	7	6

A vízminőségi paraméterekhez hasonlóan a levegőminőségi paraméterek esetében is definiáltam a minőségi kategóriákat, melyek alapján meghatároztam az egyes levegőminőségi paraméterekhez tartozó környezetminőségi osztályjegyeket ($J_A = J_{Air}$). A **17. táblázat** a 2006. nyáron az L1. mérési ponton végzett vizsgálat eredményeit szemlélteti, míg a **18. táblázat** összefoglalja a teljes mérési időszak alapján számolt értékeket.

17. táblázat: Zirci levegőminőségi vizsgálatok eredménye, adott időpontra és adott helyszínre (2006. nyár, L1)

Környezetminőségi osztály [J_A]	Minőségi kategóriák	Levegő minőségi paraméterek (2006. nyár, L1)					
		1	2	3	4	5	6
		NO ₂ µg/m ³	NO _x µg/m ³	CO µg/m ³	O ₃ µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		80	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	60	100	3000	50	2	20
9		45	50	1500	20	1	10
10		Jó	30	10	100	10	0,1
Környezetminőségi osztály jegy [J_{Ai}]		10	10	10	7	10	10

18. táblázat: Légszennyezettségre vonatkozó minőségi osztályok jegyeinek (J_{Ai}) összegző táblázata Zirc város levegőminőségi vizsgálataira a teljes mérési időszakra

Időpont	Helyszín	Minőségi osztály jegyek komponensenként					
		1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
2006. nyár	L1	10	10	10	7	10	10
	L2	10	10	10	7	8	10
	L3	10	10	10	6	9	9
2013. tél	L1	10	10	10	8	6	7
	L2	10	10	10	8	8	9
	L3	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	10	10	10	7	10	9
	L2	10	10	10	7	10	9
	L3	10	10	10	8	10	9

Az értékelés kategóriáinak meghatározásakor az alábbi szempontokat vettem figyelembe:

- ♦ a korábbi mérési és irodalmi tapasztalataim alapján megállapított szélsőséges mérési eredményeket,
- ♦ a tartományok arányosak legyenek egymással,
- ♦ a **15. és 17. táblázat**ok 6. sora mindig a környezeti paraméterre vonatkozó határértékeket tartalmazzák [116].

Környezeti komponens jegyének meghatározása

A környezetminőségi osztályjegy meghatározását követően, minden egyes környezeti elemre kiszámítottam annak minőségi jegyét a bemutatott **(1) egyenlet**, illetve a **16. táblázat**ban és a **18. táblázat**ban szereplő minőségi osztályjegy értékek alapján [99].

A **(20) egyenlet** számszerűen mutatja be Zirc város 2006. nyarán az első ponton végzett mérések eredményei alapján megállapított környezetminőségi osztályjegy értékeiből (a **16. táblázat** első sorának minőségi osztályjegy értékei) számított környezetminőségi elemjegyet ($J_{R(2006nyárV1)}$).

$$J_{R(2006nyárV1)} = \sum_{i=1}^n \frac{J_{Ri}}{n} = \frac{8 + 10 + 4 + 8 + 8 + 10}{6} = 8,00 \quad (20)$$

A **19. táblázat** foglalja össze Zirc város vonatkozásában elvégzett vizsgálatok alapján megállapított környezetminőségi elemjegyeket az egyes mérési időpontok, illetve helyszínek tekintetében.

19. táblázat: A környezeti elemjegyek (J_{ei}) értékei Zirc város vonatkozásában a különböző mérési pontokban

Időpont	Helyszínek					
	V1	L1	V2	L2	V3	L3
Környezeti elem környezetminőségi jegy (J_R illetve J_A)						
2006. nyár	8,00	9,5	7,833	9,167	7	9
2013. tél	8,00	8,5	8,333	9,167	8,167	–
2013. nyár	7,833	9,333	7,333	9,333	6,333	9,5

A környezeti elemjegyek részletes meghatározása Zirc város esetében a **11.2 melléklet**ben található.

Komplex környezetszennyezési index magadása

Az előző lépésben kiszámított minőségi jegyeket felhasználva meghatároztam a komplex környezetszennyezési indexet. Ennek a képzése az alábbiak szerint történik Brindusa [99] módszerében (**(21) egyenlet**):

$$I_{PG} = 100 / \left[\sum_{j=1}^a \left(\frac{J_{ej}}{a} \right) \right]^2 \quad (21)$$

ahol:

- I_{PG} – komplex környezetszennyezési index.
- J_{ej} – i. környezeti elem jegye.
- a – a figyelembe vett környezeti elemek száma.
- j – a vizsgált környezeti elemet/komponenst jelöli.

A komplex környezetszennyezési index módszer [99] az egyes környezeti elemek vonatkozásában nem alkalmaz súlyozást (paraméterszám, fontosság, társadalmi elvárás, stb.). A felmérések elvégzésekor sok esetben gazdasági szempontok is közrejátszanak abban, hogy hány komponenst, illetve környezeti paraméter vonható be a vizsgálatba, azaz hány környezeti paraméterre terjeszthető ki a vizsgálatok közé. Amennyiben egy

terület földtani közege és felszíni vize a környezetállapot-értékelés tárgya, a földtani közeg komponens vizsgálatához jelentős anyagi forrásra van szükség, kezdve a mintavételtől a teljes analízisig, így vélhetően kevesebb minta kerül kiértékelésre. A felszíni vízből ezzel szemben a mérési metódusok kisebb erőforrás ráfordítást igényelnek. Ezáltal előfordulhat, hogy egyik környezeti elem vonatkozásában csak néhány, még a másik elem esetében akár kétszer, háromszor annyi adat áll rendelkezésre. Ez a tény pedig jelentősen befolyásolhatja az I_{PG} értéket és ezáltal a vizsgálat eredményét. Bár a paraméterek számossága nem feltétlenül jelenti a környezeti elem fontosságának mértékét, ugyanakkor több paraméter, teljesebb képet ad a környezeti elem állapotáról. Emiatt javasoltam a környezeti elemek súlyozását annak tükrében is elvégezni, hogy egy-egy környezeti elem esetében hány darab környezeti paraméter került megvizsgálásra.

Az általam javasolt súlyozás egyszerű matematikai arányosítással számolható **(22) egyenlet**).

$$S_e = N_e / \sum_{i=1}^a N_i \quad (22)$$

ahol:

- S_e – a környezeti elem súlya.
- N_e – adott környezeti elem környezeti paramétereinek száma.
- N_i – az összes környezeti paraméter száma.
- a – a figyelembe vett környezeti elemek száma.
- i – az adott környezeti paramétert jelöli a vizsgált környezeti elem/komponens esetében.

Mivel mindkét környezeti elem (felszíni víz, levegő) esetében 6-6 paramétert vizsgáltunk, így a környezeti elemek súlya az alábbi módon alakult:

- ♦ $S_R = 0,5$,
- ♦ $S_A = 0,5$.

A **(23) egyenlet** szerint **(21) egyenlet** módosított, a **(22) egyenlet**tel kiegészített súlyozott formája) számolható a komplex környezetszennyezési index.

$$I_{PG(2006nyár1)} = 100 / \left[\sum_{i=1}^a S_e \cdot J_{e i} \right]^2 = \frac{100}{(0,5 \cdot 8 + 0,5 \cdot 9,17)^2} = 1,306 \quad (23)$$

Zirc esettanulmányánál az S_e érték bevezetése nem adott számszakilag különböző I_{PG} értéket, mivel a felszíni víz és a levegő környezeti elemek tekintetében egyaránt 6-6 környezeti paramétert vizsgáltam, azonban a II. (DMHU) és a III. (Kolontár) esettanulmányokban ahol a környezeti elemek esetében a vizsgált környezeti paraméterek darabszáma eltérő az I_{PG} értékek a környezeti elemek súlyozásával módosulnak a nem súlyozott I_{PG} értékhez képest.

A **20. táblázat** Zirc város mindhárom mérési pontjára, illetve mindhárom mérési időpontra az általam javasolt továbbfejlesztett módszerrel kiszámolt komplex környezetminőségi indexét és az átlagokat tartalmazza.

20. táblázat: Zirc városra vonatkozó komplex környezetminőségi indexek (I_{PG}) vizsgálati eredménye időponttól és helyszíntől függően

Időpontok	Helyszínek			Átlag értékek helyszín szerint
	V1-L1 Kórház	V2-L2 Polg.Hív.	V3-L3 Kardosrét	
2006. nyár	1,306	1,384	1,563	1,418
2013. tél	1,469	1,306	1,499	1,425
2013. nyár	1,357	1,440	1,596	1,464
Átlag értékek időpont szerint	1,377	1,377	1,553	

Az eredmények értékelése

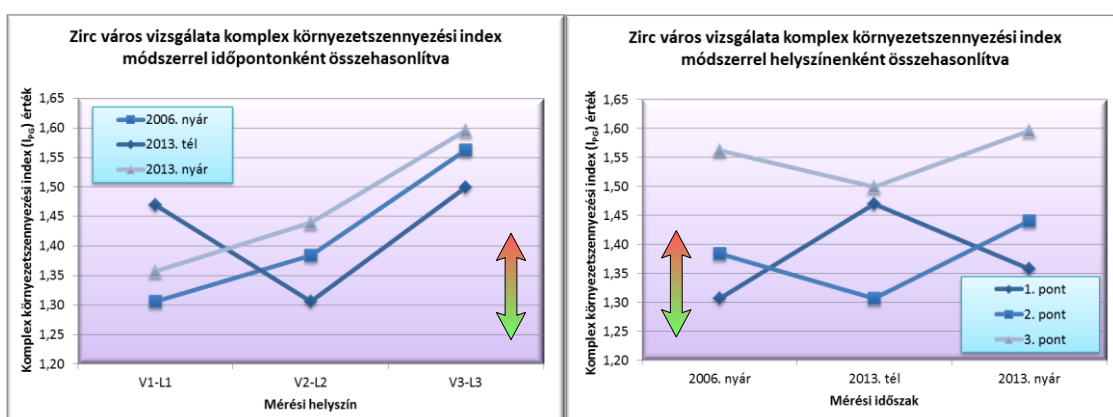
A Brindusa [99] módszer a komplex környezetminőségi index értékelésére hat kategóriát állapít meg (**3. táblázat**), ahol az $I_{PG} = 1$ érték a környezet emberi tevékenység által nem zavart területe, míg az $I_{PG} = 6$ érték olyan területeket jellemez, amelyek már oly mértékben károsultak, hogy a területre alapvetően jellemző életformák fennmaradása nem biztosított.

Előfordulhat, hogy egyetlen környezeti elemet vizsgálunk, melyet egyes súllyal vesszünk figyelembe. Ha a környezeti elem minden vizsgált környezeti paraméteréhez egyes J_i értéket rendelünk, így az I_{PG} érték a **(23) egyenlet** alapján maximum 100-as érték lehet.

Értékelés Zirc város környezetállapotának I_{PG} módszerrel történő vizsgálatáról

A kiszámolt I_{PG} értékek alapján megállapítottam, hogy a három mérési helyszín illetve a három mérési időszak tekintetében nincs jelentős eltérés a környezet állapotában. Az I_{PG} értékek minden esetben $1 < I_{PG} < 2$ kategóriába tartoznak, azaz a környezet állapota a „Megengedett határok mellett, emberi tevékenység hatásának kitett környezet” kategóriába tartozik.

Diagramokon ábrázolva a kiszámolt I_{PG} értékeket, az egyes pontok között hasonló tendencia állapítható meg (5. ábra).



5. ábra: Zirc város vizsgálata I_{PG} módszerrel időpontonként és mérési helyszínenként összehasonlítva

Zirc város környezetállapotának vizsgálatakor két kérdésre kerestem a választ. Kimutatható-e különbség ugyanazon a helyszínen hét év elteltével (2006→2013) történő mérések során, illetve hogyan alakul három különböző helyszín környezetállapota az idősoros adatok alapján.

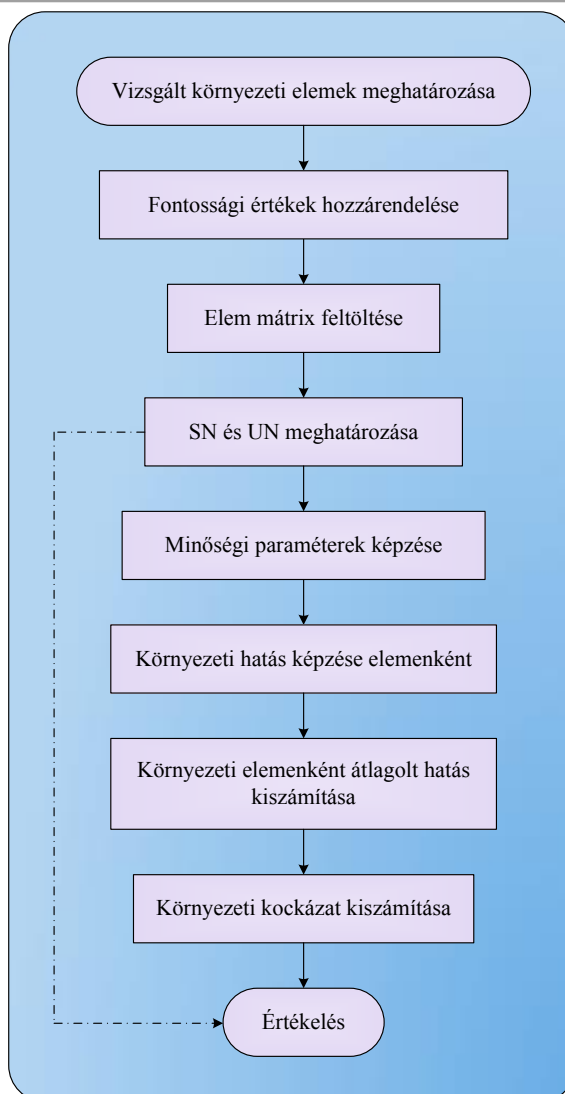
A 2006. és 2013. évben mért „integrált” adatokból számolt eredményeket az 5. ábra mutatja be. Az eredményeket helyszínenként összehasonlítva arra a következtetésre jutottam, hogy a V2-L2 és V3-L3 pont között azonos tendencia kimutatható ugyan, azonban az egyes időpontok tekintetében V3-L3 ponthoz képest 8-11% csökkenés figyelhető meg, azaz a V2-L2 pont környezetállapota kedvezőbb. Ezzel szemben az első helyszínt (V1-L1) tekintve megállapítottam, hogy a téli időszakban jelentősen rosszabb volt a kórház környéki környezetállapot a nyári mérésekhez képest.

Az idősoros diagramok összehasonlításakor megállapítottam, hogy a 2006. és 2013. évek mindhárom mérési pontját tekintve azonos tendencia mutatható ki, azzal az eltéréssel, hogy 2013. évben minden I_{PG} érték 2-4%-kal nőtt, azaz 2-4%-kal romlott a környezet állapota a 2006. évhez képest. Mindkét évben a legjobb környezetminőségi értéket Zirci Kórház mérési helyszínen, még a legrosszabbat a kardosréti Csalogány Kemping területén állapítottam meg.

A 2013. téli időszakhoz tartozó adatokat vizsgálva ettől eltérő eredményre jutottam. Ekkor a legjobb eredményt a városközpontban a Polgármesteri Hivatalnál (**3. ábra**) kaptam, majd ezt követte a Kórház és a legrosszabb eredményt ismét a kemping területén (a 82-es út mellett) számoltam.

5.1.2 Zirc város környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel

Második lépésként Zirc város környezetállapotát Brindusa-féle integrált mennyiségi módszerével (I_M) [99] vizsgáltam. Az integrált mennyiségi módszer lépéseit az alábbi folyamatábrán (**6. ábra**) szemléltettem.



6. ábra: Az integrált mennyiségi módszer lépései

A vizsgált környezeti elemek definiálása

Zirc város környezetállapot-értékelésébe vont környezeti elemek meghatározása az **5.1.1 fejezet**ben leírtakkal azonos módon történt, így a vizsgált környezeti paraméterek ebben az esetben is a felszíni víz (River-R) és a levegő (Air-A).

A felszíni víztestet a 31/2004. (XII.30.) KvVM rendelet [114] felszíni vízre (folyóvíz) és felszíni állóvízre (tó) tipizálja, illetve ez alapján a 10/2010. (VIII.18.) VM rendelet [115] a típusok szerint különböző határértékeket ír elő.

A fontossági értékek hozzárendelése

Zirc várost a Bakony fővárosának tekintik, emiatt az önkormányzat különös figyelmet fordít a jó környezeti állapot megtartására, mind a levegő, mind a felszíni víz, mint

környezeti elemek vonatkozásában. Így a két környezeti elem fontosságának meghatározásakor a két környezeti elemnek egyenlő súlyt kell kapnia. Ezért a fontossági súlyokat az alábbi módon adtam meg a különböző környezeti elemek esetében (21. táblázat).

21. táblázat: Zirc város környezeti elemeinek fontossági értéke az I_M módszer alkalmazásakor

Környezeti elem	Fontossági érték
Felszíni víz	R = 0,5
Levegő	A = 0,5

Az elemmátrix feltöltése

Az elemmátrix feltöltésének módja az irodalmi rész 4. táblázatában található, értékeit a 22. táblázatban foglalta össze.

22. táblázat: Az elemmátrix értékeinek megadása

Környezeti elem	Felszíni víz (R)	Levegő (A)
Felszíni víz (R)	$0,5/0,5 = 1$	$0,5/0,5 = 1$
Levegő (A)	$0,5/0,5 = 1$	$0,5/0,5 = 1$

A standardizált pontszám (SN) és fontossági érték (UI) meghatározása Zirc város környezetállapotának integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatához

A következő lépésben minden egyes környezeti elemre kiszámoltam a vonatkozó standardizált pontszámokat (SN) (5. táblázat 2. oszlop) és a fontossági értékeket (UI) (5. táblázat 3. oszlop). Mint látható, a 22. táblázat elemmátrixának tényezői a standardizált pontszám kiszámításához szükséges egyenlet (5. táblázat 2. oszlop egyenletei) nevezőjében szereplő tagokként jelennek meg. A standardizált pontszám megadja az adott környezeti elem szerepét/fontosságát a környezeti elemekből álló környezet egészéhez viszonyítva (23. táblázat).

23. táblázat: Zirc város környezetállapotának integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatának standardizált pontszámai (SN) és fontossági értékei (UI) az egyes környezeti elemekre

Környezeti elem	Standardizált pontszám (SN _i)	Fontossági mutató (UI _i) $UI = SN \cdot 100$
Felszíni víz	$SN_R = 1/(1 + 1) = 0,5$	$0,5 \cdot 1000 = 500$
Levegő	$SN_A = 1/(1 + 1) = 0,5$	$0,5 \cdot 1000 = 500$
Összesen	1,00	1000

A környezeti paraméterek minőségének meghatározása

A vizsgált környezeti elemek vonatkozásában minden egyes mért paraméternek meghatároztam a minőségi indexét (Q_i) a **(3)egyenlet** alapján:

A $Q_i = 1$ érték esetében a mért környezeti paraméter mennyisége a környezetben azonos a jogszabályban előírt határértékkel. Ha $Q_i < 1$, akkor a mért környezeti paraméter mennyisége meghaladja az előírt határérték mennyiségét a környezetben, ezért környezet szennyezés vagy környezet károsítás áll fenn.

A környezeti paraméter minőségi indexéhez szükséges mérési eredmények a felszíni víz vonatkozásában a **13. táblázat**ban találhatók, a hozzá tartozó határértékeket pedig a **15. táblázat** tartalmazza. A levegőre vonatkozó mérési adatok a **14. táblázat**ban találhatók, míg a határértékek a **17. táblázat**ból olvashatók ki. 2006-ban a V1-L1 mérési pont mérési adatai alapján számolt Q_i értékeket a **24. táblázat** tartalmazza. Mivel minden egyes mérési időpontra és helyszínre vonatkozó Q_i értékek számítási módja azonos módon történt, ezért a további Q_{ip} értékeket a könnyebb áttekinthetőség érdekében a **11.3 melléklet** tartalmazza. A **24. táblázat** tartalmazza továbbá az egyes környezeti paraméterek környezetre gyakorolt hatását (IM_i). Az IM_i értéket a **(4) egyenlet** alapján számoltam.

24. táblázat: Zirc város környezetállapotának vizsgálatakor az egyes ponton 2006. nyarán mért felszíni víz és levegőminőségi paraméterek alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatást összefoglaló táblázat

Környezeti elem (Helyszín-mérési időpont)	Környezeti paraméter (Mértékegység)	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V1-2006. nyár)	Vezetőképesség (μS/cm)	1000	754	1,33	377
	KOI (μg/l)	30000	1500	20,00	25
	NO ₃ (μg/l) μg/l	2000	11960	0,17	2990
	NH ₃ (μg/l)	400	130	3,08	162,5
	Fe (μg/l)	200	60	3,33	150
	PO ₄ (μg/l)	200	20	10	50
Levegő (L1-2006. nyár)	NO ₂ (μg/l)	100	3,9	25,60	19,53
	NO _x (μg/l)	200	10	20,00	25
	CO (μg/l)	10000	306,5	32,63	15,32
	O ₃ (μg/l)	120	91,9	1,31	383,04
	C ₆ H ₆ (μg/l)	10	0,6	16,93	29,54
	PM ₁₀ (μg/l)	50	2,8	17,84	28,03

A környezeti hatások képzését (24. táblázat (IM_i)) környezeti paraméterenként a (4) egyenlet alapján végeztem.

A környezeti elemre gyakorolt hatás számítása

Minden egyes mérési időpontra illetve mérési helyszínre a (5) egyenlettel külön-külön elvégeztem a környezeti hatás számolását.

A 2006. nyarán a V1 mérési pontról származó eredmények alapján a felszíni vízre vonatkozó IM_{R(2006nyárV1)} értéket a (24) egyenlet szerint számoltam.

$$IM_{R(2006nyárV1)} = \frac{377 + 25 + 2990 + 163 + 150 + 50}{6} = 625,75 \quad (24)$$

A környezet egészére gyakorolt hatás kiszámítása a különböző mérési időpontokban

A környezeti elemekre meghatározott IM_{ej} értékek összegzésével számítható a környezet egészére vonatkozó környezeti hatás ((25) egyenlet).

$$IM_k = \sum_{j=1}^a IM_{ej}/a \quad (25)$$

ahol:

IM_k – a környezet egészére gyakorolt környezeti hatás.

a – a környezeti elemek száma.

j – a vizsgált környezeti elemet/komponenst jelöli.

25. táblázat: Zirc város területén integrált mennyiségi módszerrel számolt környezeti hatás értékek felszíni víz (IM_R) és levegő (IM_A) környezeti elemre ((4) egyenlet)

Időpontok	IM_e értékek a különböző mérési pontokon					
	V1	V2	V3	L1	L2	L3
2006. nyár	625,750	1063,250	1511,528	83,412	117,621	140,826
2013. tél	371,792	417,903	368,583	206,064	111,852	–
2013. nyár	263,326	837,600	1071,986	97,931	94,431	100,753

Zirc város környezetállapot-értékelésébe bevont mérési pontok összesített környezeti hatásait a **26. táblázat** tartalmazza.

26. táblázat: Zirc város területén az integrált mennyiségi módszerrel számolt összesített környezeti hatás (IM_k) értékek az egyes mérési helyszínekre ((25) egyenlet)

Időpontok	Helyszínek		
	V1-L1 (Kórház)	V2-L2 (Polg.Hív.)	V3-L3 (Kardosrét)
2006. nyár	709,162	1180,871	1652,354
2013. tél	577,855	529,755	–
2013. nyár	361,258	932,031	1172,739

A környezeti kockázat számítása Zirc város mérési pontjainak vonatkozásában

A vizsgált projekt/tevékenység környezeti kockázata számolható az érintett környezeti elem környezeti paraméterei által kiváltott környezeti hatás (IM_e) és a környezeti elemre vonatkozó standardizált pontszám (SN_e) szorzatával.

A környezeti kockázat (RM_k) egyenlő a környezeti elemekre számított összes hatás és a valószínűség szorzatával, az alábbi egyenlet alapján. A környezeti kockázat

bekövetkezésének valószínűsége megegyezik a standardizált pontszám értékével környezeti elemenként/komponensenként. Az egyenlet formálisan felírva (26. egyenlet):

$$RM_k = \sum_{j=i}^a IM_{ej} \cdot SN_e \quad (26)$$

ahol:

RM_k – a környezeti egészére vonatkoztatott környezeti kockázat.

j – a vizsgált környezeti elemet/komponenst jelöli.

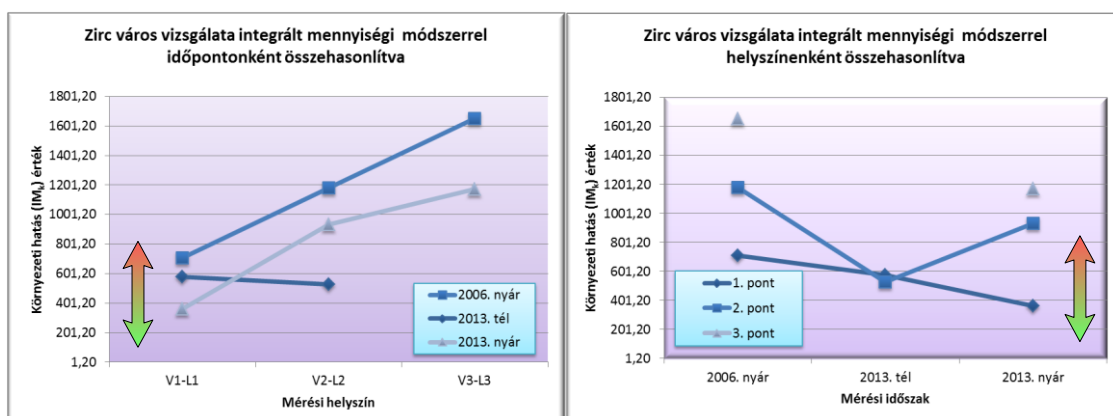
a – a figyelembe vett környezeti elemek száma.

27. táblázat: Zirc város integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálata során meghatározott környezeti kockázati értékek (RM_k) az egyes helyszínek illetve az egyes időpontok függvényében

Időpontok	Helyszínek		
	V1-L1 (Kórház)	V2-L2 (Polg.Hiv.)	V3-L3 (Kardosrét)
2006. nyár	354,581	590,435	826,177
2013. tél	288,928	264,877	–
2013. nyár	180,629	466,015	586,370

Értékelés Zirc város környezetállapotának integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatáról

Az integrált mennyiségi módszerrel történő értékelés során az alacsonyabb környezeti hatás (IM_k) érték jobb környezet állapotot jelent a 6. táblázat értelmében.



7. ábra: Zirc város vizsgálata integrált mennyiségi módszerrel időpontokként és mérési helyszínenként összehasonlítva

Az integrált mennyiségi módszerrel történő értékelés során az időpontenkénti összehasonlítás esetén (7. ábra) a két nyári mérésorozat (2006. és 2013.) eredménye a komplex környezetszennyezési index módszerrel történt vizsgálat során kapott eredményekhez képest a tendencia tekintetében azonos, ugyanakkor az integrált mennyiségi módszerrel végzett vizsgálat során kapott eredmények esetében a 2013. nyári értékek voltak a kedvezőbbek. A 2006. nyári értékek 50-80%-kal rosszabbak. A 2013. téli időszakban az integrált mennyiségi módszer nem szolgáltat összehasonlítható adatot, mivel ekkor levegőminőségi vizsgálatokra nem került sor.

A mérési pontok összehasonlításakor a legrosszabb környezetállapot minőségre utaló eredményeket a V3-L3 mérési pont esetében számoltam, azzal a megjegyzéssel, hogy a 2013. téli időpont eredménye itt is hiányzik.

Brindusa módszerében [99] a 6. táblázatban látható kategóriákat állította fel a környezeti hatás (IM_k) illetve a környezeti kockázat (RM_k) értékelésére.

Az integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálat során megállapítottam, hogy Zirc város környezetállapota három vizsgálati helyszín/időpont esetében „Degradált környezet” kategóriába sorolandó: a 2006. nyarán mért eredmények alapján a V2-L2 és V3-L3 pont, valamint 2013. nyarán a V2-L2 pont. Mindhárom esetben az IM érték meghaladta az 1000 értéket (2006. nyár V3-L3: 1653,354; 2006. nyár V2-L2: 1180,871; 2013. nyár V3-L3: 1172,739). Két esetben „Emberi tevékenység által súlyosan befolyásolt környezet”-nek tekintendő a környezet állapota: 2013. nyár V2-L2: 932,031 és 2006. nyár V1-L1: 709,162. Így e módszerrel vizsgálva Zirc város környezetállapotát, csupán három mérési helyszín/időpont esetében kaptam elfogadható mértékű környezetállapot befolyásolást:

„Emberi tevékenységnek kitett befolyásolt környezet” kategóriában:

- ♦ 2013. tél V1-L1 és
- ♦ 2013. tél V2-L2,

illetve az „Emberi tevékenységnek kitett környezet, zavaró hatások megjelenése” kategóriában a 2013. nyár V1-L1 pontokon.

A környezeti kockázati értékeket tekintve ugyan valamivel jobb eredményeket kaptam, de itt is csupán három mérési pont/időpont esetében számoltam elfogadható kockázatu eredményt.

„Minimális kockázat, monitoring ajánlott” kategóriában: 2013. nyár V1-L1,

„Közepes elfogadható kockázat, ellenőrizni, megelőzési folyamatokat implementálni szükséges” kategóriában:

- ♦ 2013. tél V2-L2,
- ♦ 2013. tél V1-L1 pontok.

Nem elfogadható a környezeti kockázat öt mérési pont esetében:

„Közepes nem elfogadható kockázat, megelőzési folyamatok szükségesek” kategóriában:

- ♦ 2006. nyár V1-L1,
- ♦ 2013. nyár V2-L2,
- ♦ 2013. nyár V3-L3,
- ♦ 2006. nyár V2-L2.

„Közepes kockázat, megelőzési folyamatok és monitoring szükséges” kategóriában:

- ♦ 2006. nyár V3-L3.

5.1.3 Zirc város környezetállapotának vizsgálata a Battelle módszerrel

Zirc város környezetállapotát a Battelle módszerrel [81] is megvizsgáltam. A módszer matematikai megfogalmazását az **(9) egyenlet** írja le. Ennek értelmében meg kellett határoznom a vizsgálatba vont környezeti elemek esetében vizsgált környezeti paraméterekre vonatkozó környezetminőségi skálaértékeket és a paraméterfontossági egységeket.

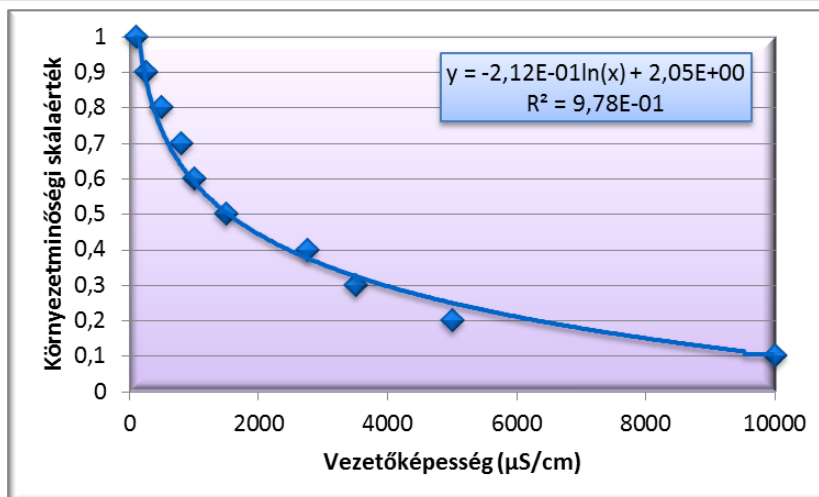
A Battelle-féle környezetértékelési rendszer környezeti hatásegységek (KHE) kiszámolására alkalmas, melynek segítségével összehasonlíthatóvá válnak a különböző alternatívák.

A paraméterekhez tartozó környezetminőségi skálaérték meghatározása

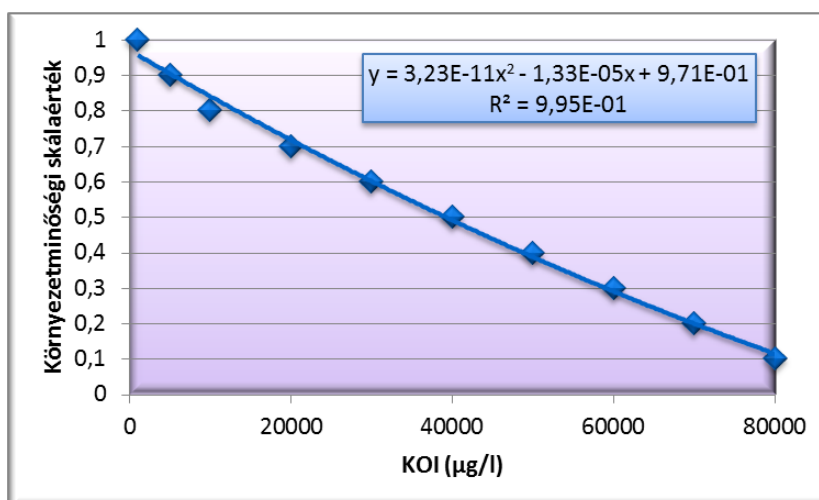
Az egyes környezeti paraméterekre gyűjtött adatok értékelését követően környezetminőségi skálaértékeket határoztam meg, melyek tartományai megegyeznek a korábban a komplex környezetszennyezési indexnél alkalmazott tartományokkal (minőségi osztályértékek).

Minden egyes környezeti paraméter vonatkozásában fölállítottam egy-egy összefüggést, melynek abszcissa tengelyén a környezeti paraméterre vonatkozó értékek szerepeltek, az ordinátatengelyen pedig a környezetminőségi skálaértékek. Ez utóbbi nullától egyig terjedő értéket vehet fel, ahol a nulla a nagyon rossz környezetminőséget az egy a nagyon jó környezetminőséget jelenti.

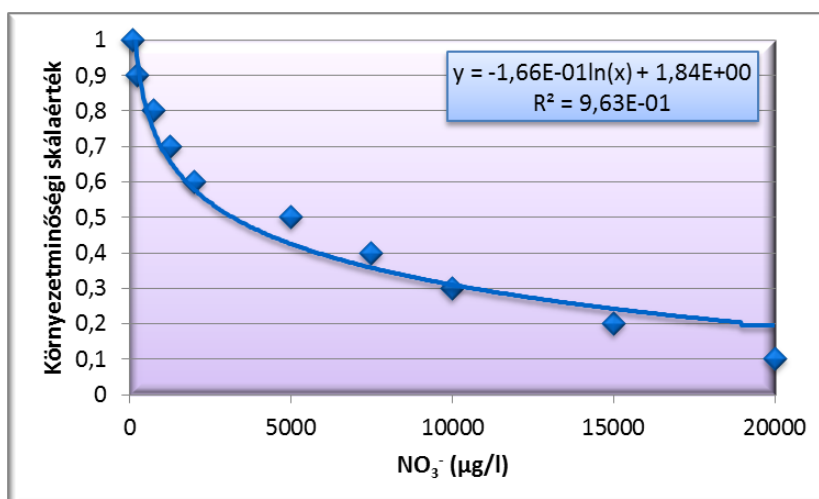
Az alábbiakban bemutatásra kerülnek a felszíni víz paramétereire vonatkozó diagramok **(8 – 13. ábra)**, melyek pontjaira illesztett trendvonalak egyenleteiből számolhatók a környezetminőségi skálaértékek. A trendvonal illesztésénél fontos szempont volt, hogy a regressziós érték négyzete legalább $R^2 = 0,95$ legyen.



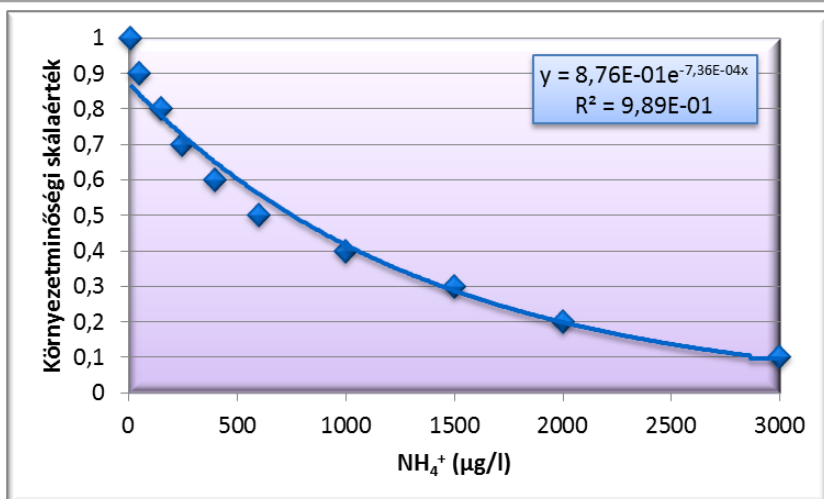
8. ábra: Felszíni víz vezetőképességi paraméterének környezetminőségi skálaértéke



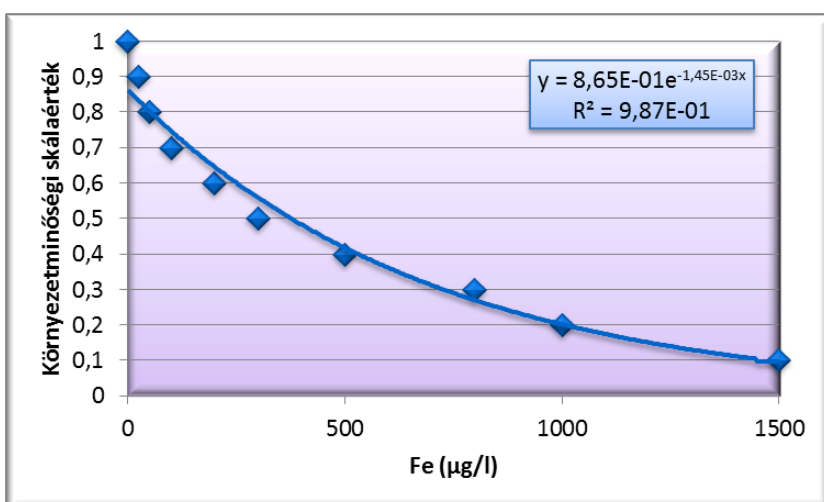
9. ábra: Felszíni víz KOI paraméterének környezetminőségi skálaértéke



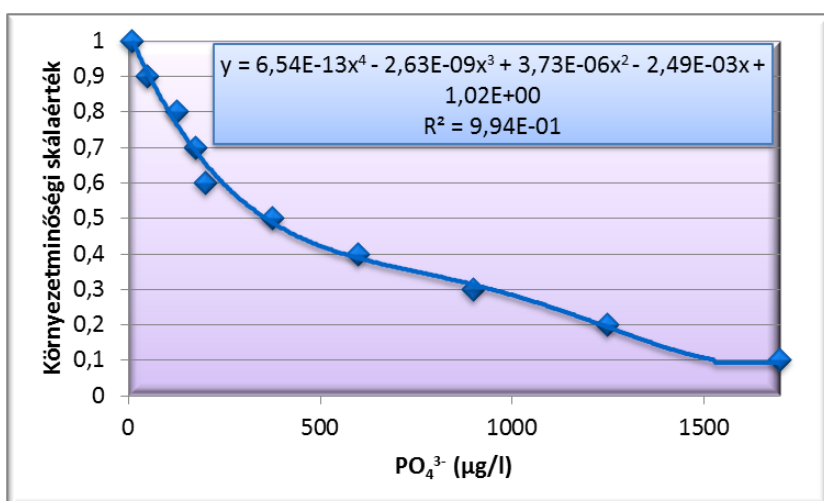
10. ábra: Felszíni víz NO_3^- paraméterének környezetminőségi skálaértéke



11. ábra: Felszíni víz NH₄⁺ paraméterének környezetminőségi skálaértéke



12. ábra: Felszíni víz Fe paraméterének környezetminőségi skálaértéke



13. ábra: Felszíni víz PO₄³⁻ paraméterének környezetminőségi skálaértéke

Az összefüggéseket leíró egyenletekből számolható a felszíni víz és a levegő környezeti elemek vonatkozásában mért környezeti paraméter minőségi skálaértékei. A felszíni víz

paramétereikhez tartozó értékek a **28. táblázat**ban a levegőre vonatkozók a **29. táblázat**ban találhatók a különböző mérési pontokon és időpontokban.

28. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek környezeti paraméterenként a felszíni víz környezeti elemre

Időpont	Helyszín	Környezet minőségi skálaértékek környezeti paraméterenként (KM _i)					
		1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe	PO ₄ ³⁻
2006. nyár	V1	0,654	0,903	0,281	0,796	0,793	0,972
	V2	0,653	0,952	0,176	0,773	0,840	0,949
	V3	0,624	0,963	0,126	0,577	0,816	0,917
2013. tél	V1	0,623	0,968	0,395	0,814	0,793	1,000
	V2	0,613	0,806	0,356	0,838	0,853	0,974
	V3	0,609	0,927	0,409	0,826	0,759	0,974
2013. nyár	V1	0,617	0,841	0,694	0,826	0,749	0,746
	V2	0,589	0,971	0,244	0,844	0,749	0,693
	V3	0,551	0,971	0,213	0,802	0,749	0,534

29. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek környezeti paraméterenként levegő környezeti elemre

Időpont	Helyszín	Környezet minőségi skálaértékek paraméterenként					
		1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
2006. nyár	L1	0,982	0,994	0,904	0,633	0,926	0,834
	L2	0,925	0,970	0,894	0,631	0,826	0,834
	L3	0,965	0,994	0,903	0,562	0,895	0,780
2013. tél	L1	0,932	0,975	0,878	0,723	0,525	0,721
	L2	0,963	0,994	0,895	0,703	0,760	0,799
	L3	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	0,990	1,000	0,909	0,640	0,942	0,771
	L2	0,983	0,998	0,905	0,658	0,941	0,778
	L3	0,973	0,984	0,906	0,669	0,945	0,763

A paraméterfontossági egység meghatározása

Mivel Zirc város környezetállapotának vizsgálatát a komplex környezetszennyezési index, illetve az integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatok, a módszer algoritmusából adódóan a paraméterek szintjén nem alkalmaztam különböző értékű

súlyozást, ezért a Battelle módszer szerinti értékelést a $PFE = 100/12 = 8,333$ paraméterfontossági egységekkel végeztem el. Ahol az összesen allokkált paraméterfontossági egység a környezet egészére vonatkozóan $\sum PFE = 100$.

Ennek indoka, hogy mindkét vizsgált környezeti elemet – illetve az egyes környezeti elem tekintetében mért környezeti paramétert – egyforma fontosságúnak ítélttem, így azonos súlyt rendeltem hozzájuk.

Környezeti hatásegység értékének meghatározása

Utolsó lépésként a korábban számolt környezetminőségi skálaértékek (KM_i) a **28. táblázat**ban (felszíni vízre) és a **29. táblázat**ban (levegőre) található, az előző lépésben megkapott paraméterfontossági egység pedig $PFE_i = 8,333$. A **(9) egyenlet** szerinti szorzási műveleteket elvégezve az alábbi környezeti hatásegységeket kaptam (**30. táblázat**: felszíni víz környezeti elemre, **31. táblázat**: levegő környezeti elemre, **32. táblázat**: a környezet egészére)

30. táblázat: Környezeti hatásegység érték felszíni víz környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként

Időpont	Helyszín	Környezeti hatásegység érték (KHE _i)						Σ KHE _R
		1	2	3	4	5	6	
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe	PO ₄ ³⁻	
2006. nyár	V1	5,378	7,523	2,345	6,636	6,609	8,097	36,588
	V2	5,438	7,933	1,465	6,444	7,003	7,905	36,187
	V3	5,198	8,021	1,047	4,805	6,803	7,645	33,519
2013. tél	V1	5,195	8,065	3,290	6,784	6,609	8,333	38,276
	V2	5,110	6,717	2,965	6,986	7,105	8,113	36,996
	V3	5,077	7,729	3,407	6,884	6,329	8,113	37,539
2013. nyár	V1	5,144	7,010	5,785	6,884	6,238	6,213	37,275
	V2	4,906	8,092	2,034	7,037	6,238	5,780	34,087
	V3	4,595	8,092	1,778	6,685	6,238	4,452	31,840

31. táblázat: Környezeti hatásegység értékek a levegő környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként

Időpont	Helyszín	Környezeti hatásegység érték (KHE _i)						Σ KHE _A
		1	2	3	4	5	6	
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀	
2006. nyár	L1	8,184	8,286	7,532	5,275	7,720	6,947	43,944
	L2	7,706	8,084	7,451	5,256	6,883	6,947	42,326
	L3	8,044	8,280	7,522	4,687	7,458	6,502	42,493
2013. tél	L1	7,764	8,124	7,313	6,022	4,377	6,012	39,612
	L2	8,026	8,284	7,456	5,855	6,332	6,658	42,611
	L3	–	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	8,257	8,447	7,574	5,336	7,848	6,422	43,883
	L2	8,191	8,320	7,542	5,484	7,841	6,482	43,858
	L3	8,105	8,202	7,550	5,577	7,877	6,358	43,669

32. táblázat: Környezeti hatásegység érték a környezet egészére vonatkozóan, mérési időpontonként és mérési helyszínenként

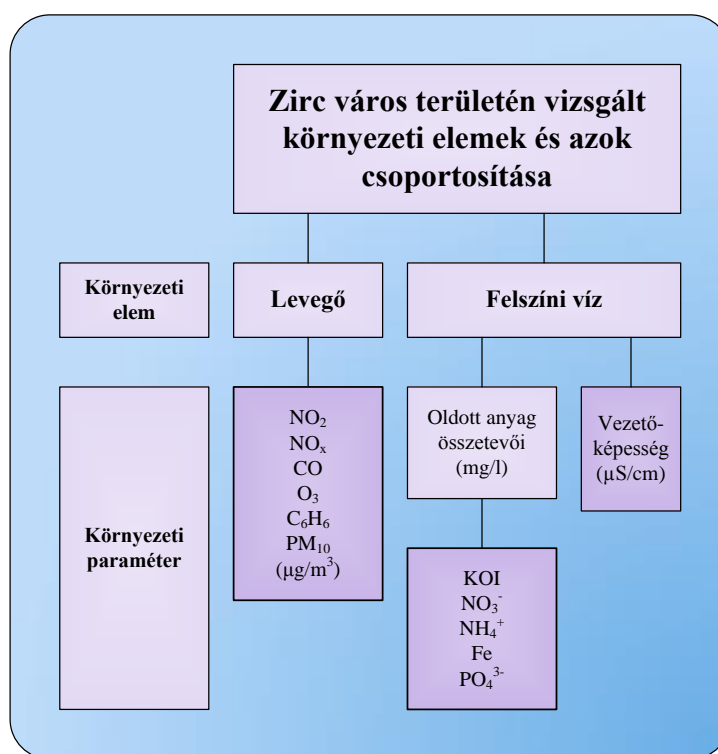
Mérési időpont	Mérési helyszín	Környezeti hatásegység érték (KHE)		
		KHE _R	KHE _A	Σ KHE
2006. nyár	L1-V1	36,588	43,944	80,532
	L2-V2	36,187	42,326	78,513
	L3-V3	33,519	42,493	76,012
2013. tél	L1-V1	38,276	39,612	77,887
	L2-V2	36,996	42,611	79,607
	L3-V3	37,539	–	–
2013. nyár	L1-V1	37,275	43,883	81,158
	L2-V2	34,087	43,858	77,945
	L3-V3	31,840	43,669	75,508

A paraméterfontossági egység meghatározási módja (továbbfejlesztett Battelle módszer)

Az eddigi vizsgálataim és értékeléseim során szerzett tapasztalataim alapján a módszer továbbfejlesztésére tettem javaslatot a környezeti paraméterekre vonatkozó határértékek figyelembevételével. Az **5.1.1** (komplex környezetszennyezési index módszer) és az **5.1.2** (integrált mennyiségi módszer) **fejezet**ekben levezetett értékelések esetében nem került sor a környezeti elemek súlyozására a fontosságuk tekintetében, mivel Zirc város elhelyezkedéséből és funkcióját tekintve mindkét környezeti elemet egyformán fontosnak ítéltém.

A jogszabályok rögzítik, az egyes környezeti paraméter esetében mekkora a maximálisan megengedett környezetbe kibocsátott mennyiség. Mivel a környezeti paraméterek esetében különböző a megengedett kibocsátás mértéke, ezért javaslatot tettem a paraméterfontossági egységek a korábitól eltérő módon történő meghatározására.

A paraméterfontossági egységek súlyozásának alapjául a környezeti paraméterekre előírt határértékeket vettem. Mivel e határértékek mennyiségét hasonlítottam össze egymással, ezért fontos volt, hogy az összehasonlított környezeti paraméterek határértékei azonos mértékegységgel kerüljenek kifejezésre. Emiatt a határértékek mértékegységei alapján külön kategóriákat hoztam létre. E kategóriákat szemlélteti a **14. ábra**.



14. ábra: Zirc város környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához felállított környezetértékelési rendszer

A két környezeti elemhez (felszíni víz és levegő) összesen $6 + 6 = 12$ környezeti paraméter tartozott. A környezeti elemekre jutó PFE_e értéket a környezeti elemekhez tartozó paraméterek számának arányában osztottam el ((27) egyenlet), az értékek a **33. táblázat**ban olvashatók.

$$PFE_i = \left(P_{ki} / \sum_{i=1}^n P_{ki} \right) \cdot 100 \quad (27)$$

ahol:

PFE_i – paraméterfontossági egység környezeti elemenként.

P_{ki} – környezeti paraméterek száma környezeti elemenként.

33. táblázat: Zirc város Battelle módszerrel történő vizsgálata során meghatározott paraméterfontossági egység környezeti elemenként

Környezeti elem	PFE érték
felszíni víz	$\frac{6}{12} \cdot 100 = 50$
levegő	$\frac{6}{12} \cdot 100 = 50$

Az eredeti módszer továbbfejlesztéseként a paraméterek paraméterfontossági egységeinek meghatározásakor figyelembe vettem a környezeti paraméterhez tartozó jogszabályokban előírt határértékeket. Így egy környezeti elem annál nagyobb paraméterfontossági egységgel szerepelt a végső értékelésben, minél alacsonyabb a határértéke. Azzal a feltételezéssel, hogy minél kisebb kibocsátási határértékkel (35. táblázat) rendelkezik egy környezeti paraméter, annál veszélyesebb a környezet számára így annál nagyobb kockázatot jelent.

A környezeti elemek tekintetében mért környezeti paramétereket a mértékegységeik alapján csoportosítottam. Mivel a későbbi lépések során fontos volt, hogy az egy csoportba tartozó paraméterek additívak legyenek, ezért azonos dimenzióval kellett rendelkezniük. A vizsgált esetben a levegő, mint környezeti elemhez hat környezeti paraméter tartozott, melyek koncentrációját $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mértékegységben adtam meg, így nem volt szükség további csoportosításra. A felszíni víz esetében öt paraméter mennyisége $\mu\text{g}/\text{l}$ mértékegységben mérhető, még egy $\mu\text{S}/\text{cm}$ -ben. Így két csoportot képeztem, ahol újra arányosítva a paraméterszámokkal a PFE értékek az alábbi módon módosulnak (34. táblázat), figyelembe véve hogy a vizsgált rendszerre a paraméterfontossági egységek összege=100.

34. táblázat: Zirc város Battelle módszerrel történő vizsgálata során meghatározott paraméterfontossági egysége a felszíni víz környezeti elem csoportokra

Környezeti elem	PFE érték
felszíni víz	50
1. csoport ($\mu\text{g}/\text{l}$)	42
2. csoport ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	8
levegő	50

35. táblázat: A Zircen mért levegőminőségi komponensek határértékei

Komponens	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	C ₆ H ₆ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Határérték	100	100	10000	120	10	50

A paraméterek paraméterfontossági értékének meghatározásánál fordított arányú súlyozást alkalmaztam a kategórián, majd a csoporton belül, a korábbi feltételezést fenntartva, miszerint minél kisebb egy környezeti paraméter kibocsátási határértéke, annál veszélyesebb a környezet számára.

Egy környezeti elem állapotát a környezeti elem vonatkozásában mért környezeti paraméterek mennyisége határozza meg. Emiatt amennyiben minden mért környezeti paraméter határérték mennyiségben van jelen a környezetben, a környezeti elem állapota még éppen elfogadhatónak tekinthető. A módosított módszer a határértékek összegzésével ((28) egyenlet) számolt ezért volt fontos korábban, hogy a határértékek dimenziója azonos legyen, illetve ezért kellett a környezeti elemek paramétereit tovább csoportosítani. Az alábbi egyenletben összegeztem a levegő környezeti elem vonatkozásában mért környezeti paraméterek határértékeit:

$$100 + 100 + 10000 + 120 + 10 + 50 = 10380 \quad (28)$$

A kapott eredményt osztottam az egyes paraméterek határértékével. Az így kapott eredmények paraméterenként szerepelnek a 36. táblázatban. A hányadosokat a (28) egyenletből származó összeg (számláló) és az adott környezeti paraméter határértékéből (nevező) képeztem ((30) egyenlet), annak érdekében, hogy a végső súlyok megosztása fordított arányban álljon a határértékekkel.

36. táblázat: Fordított arány számolása környezeti paraméterenként

Környezeti paraméter	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
Határértékkal történő arányosítás	$\frac{10380}{100}$	$\frac{10380}{100}$	$\frac{10380}{10000}$	$\frac{10380}{120}$	$\frac{10380}{10}$	$\frac{10380}{50}$
Határértékkal történő arányosítás eredménye	103,8	103,8	1,038	86,5	1038	207,6

A **36. táblázat**ban szereplő hányadosokból a **(29) egyenlet** szerint összeget képeztem:

$$103,8 + 103,8 + 1,038 + 86,5 + 1038 + 207,6 = 1540,738 \quad (29)$$

Majd a levegő környezeti elem környezeti paramétereinek összes paraméterfontossági egységét ($\Sigma=50$) a **(29) egyenlet**ből származó összeggel (1540,738) arányosítottam a **(30) egyenlet** szerint:

$$\frac{50}{1540,738} = 0,032452 \quad (30)$$

Végül a **(30) egyenlet** szerint számolt hányadost (0,032452) szoroztam a levegő környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre vonatkozó hányados értékekkel, melyeket a **36. táblázat** utolsó sora tartalmazza. A környezeti paraméterekre kapott paraméterfontossági egységeket a **37. táblázat** tartalmazza. A levegő környezeti elem esetében mért környezeti paraméterek összegzett paraméterfontossági egysége 50.

A vizsgált legszigorúbb határértékű ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) környezeti paraméter a C_6H_6 kapta a legnagyobb súlyt (33,68), még a CO-hoz – melyre a legenyhébb kibocsátási határérték vonatkozik ($10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) – pedig a legkisebbet paraméterfontossági egységet (0,03) rendeltem.

37. táblázat: A levegő esetében mért környezeti paraméterek PFE értékének számítása

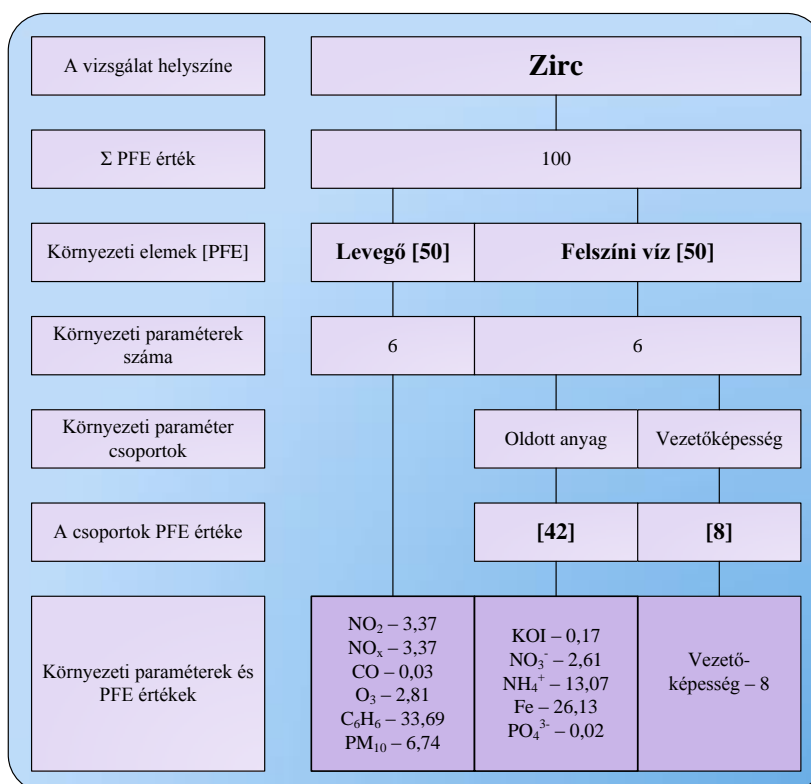
Környezeti paraméter	Szorótényező	PFE _{ki}
NO ₂	$103,8 \cdot 0,032452$	3,37
NO _x	$103,8 \cdot 0,032452$	3,37
CO	$1,038 \cdot 0,032452$	0,03
O ₃	$86,5 \cdot 0,032452$	2,81
C ₆ H ₆	$1038 \cdot 0,032452$	33,68
PM ₁₀	$207,6 \cdot 0,032452$	6,74
Összesen:		50

A fenti eljárás alapján számoltam a felszíni víz környezeti elem paramétereinek paraméterfontossági értékeit is, melyek a **38. táblázat**ban kerültek összefoglalásra.

38. táblázat: A felszíni víz környezeti elem paramétereinek paraméterfontossági értékei

Csoport	Komponens	PFE _{ki}
I. (mg/l)	KOI	0,17
	NO ₃	2,61
	NH ₄	13,07
	Fe	26,13
	PO ₄	0,02
II. (μS/cm)	Vezetőképesség	8,00
Összesen:		50

A **15. ábra** a környezeti paraméterek súlyozását szemlélteti.

**15. ábra: Zirc város környezetállapot-értékelése során mért környezeti paraméterek PFE értékei**

Környezeti hatásegység értékek a továbbfejlesztett Battelle módszerrel

A számítás algoritmus a korábbiakban leírtakkal. A környezetminőségi skálaértékek (KM_i) – a **28. táblázat**ban (felszíni vízre) és a **29. táblázat**ban (levegőre) – és az előző lépésben megkapott paraméterfontossági egységek (PFE_i) szorzatával – a **15. ábra** szerint – számoltam a környezeti hatásegységeket (KHE_i) az **(9) egyenlet** alapján.

A környezeti hatásegység értéke számolható egy környezeti paraméterre – **39. táblázat**ban (felszíni víz), **40. táblázat**ban (levegő) –, majd a környezeti elemre – a környezeti elem vonatkozásában vizsgált paraméterek KHE_i értékének összegzésével (KHE_R és KHE_A értékek (**39. táblázat**, **40. táblázat** utolsó oszlopok)) –, illetve a környezet egészére – környezeti elemenkénti értékek összege (ΣKHE érték (**41. táblázat**)).

39. táblázat: Környezeti hatásegység érték felszíni víz környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként

Időpont	Helyszín	Környezeti hatásegység érték (KHE_i)						ΣKHE_R
		1	2	3	4	5	6	
		Vezetőképesség	KOI	NO_3^-	NH_4^+	Fe	PO_4^{3-}	
2006. nyár	V1	5,163	0,157	0,735	10,405	20,727	0,013	37,200
	V2	5,221	0,166	0,459	10,104	21,961	0,012	37,923
	V3	4,990	0,168	0,328	7,534	21,335	0,012	34,367
2013. tél	V1	4,987	0,169	1,032	10,636	20,727	0,013	37,564
	V2	4,906	0,140	0,930	10,953	22,281	0,013	39,223
	V3	4,874	0,162	1,068	10,794	19,847	0,013	36,758
2013. nyár	V1	4,938	0,147	1,814	10,794	19,562	0,010	37,265
	V2	4,710	0,169	0,638	11,034	19,562	0,009	36,123
	V3	4,411	0,169	0,558	10,481	19,562	0,007	35,189

40. táblázat: Környezeti hatásegység érték levegő környezeti elem tekintetében mért környezeti paraméterekre, mérési időpontonként és mérési helyszínenként

Időpont	Helyszín	Környezeti hatásegység érték (KHE_i)						ΣKHE_A
		1	2	3	4	5	6	
		NO_2	NO_x	CO	O_3	C_6H_6	PM_{10}	
2006. nyár	L1	3,308	3,349	0,030	1,777	31,206	28,081	67,753
	L2	3,115	3,268	0,030	1,770	27,821	28,081	64,086
	L3	3,252	3,347	0,030	1,579	30,148	26,283	64,638
2013. tél	L1	3,138	3,284	0,030	2,028	17,693	24,301	50,474
	L2	3,244	3,349	0,030	1,972	25,596	26,913	61,104
	L3	–	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	3,338	3,414	0,031	1,797	31,722	25,958	66,260
	L2	3,311	3,363	0,030	1,847	31,694	26,200	66,445
	L3	3,276	3,315	0,031	1,878	31,842	25,702	66,045

41. táblázat: Környezeti hatásegység érték a környezet egészére vonatkozóan, mérési időpontoként és mérési helyszínenként

Mérési időpont	Mérési helyszín	Környezeti hatásegység érték (KHE)		
		KHE _R	KHE _A	Σ KHE
2006. nyár	L1-V1	37,200	67,753	104,953
	L2-V2	37,923	64,086	102,009
	L3-V3	34,367	64,638	99,005
2013. tél	L1-V1	37,564	50,474	88,038
	L2-V2	39,223	61,104	100,326
	L3-V3	36,758	–	–
2013. nyár	L1-V1	37,265	66,260	103,525
	L2-V2	36,123	66,445	102,568
	L3-V3	35,189	66,045	101,233

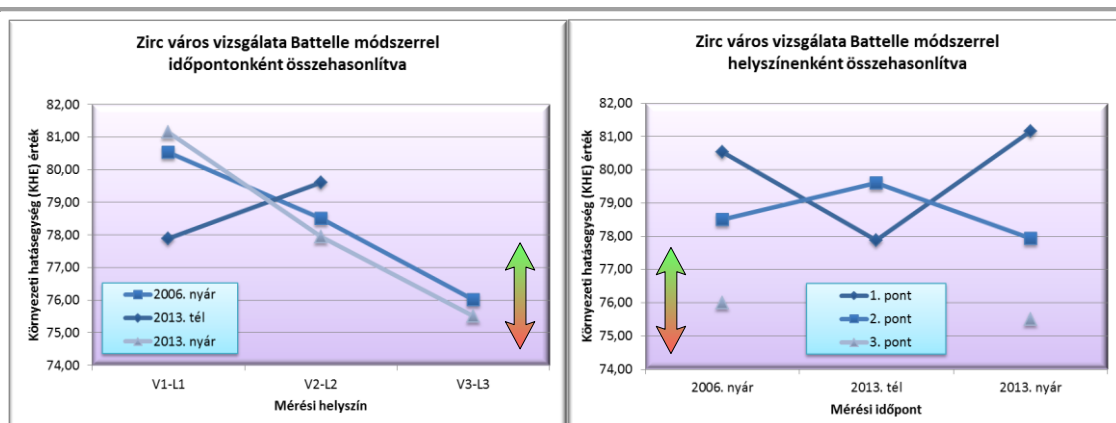
Értékelés Zirc város környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatáról

A Battelle módszer esetében a vizsgált alternatíva KHE értéke az alternatívára vonatkozó környezetminőségi skálaérték és a paraméterfontossági egység szorzatából adódik. A szorzat egyik tényezője – a környezetminőségi skálaérték – 0-1 közötti értéket vehet fel, ahol egy a legkisebb szennyezőanyag kibocsátáshoz tartozik, nulla pedig a határértéknél is nagyobb mennyiségben kibocsátott szennyezőanyag mennyiséget szimbolizálja. Ezért a vizsgált alternatíva környezeti állapota annál jobb minél nagyobb a hozzá tartozó KHE értéke.

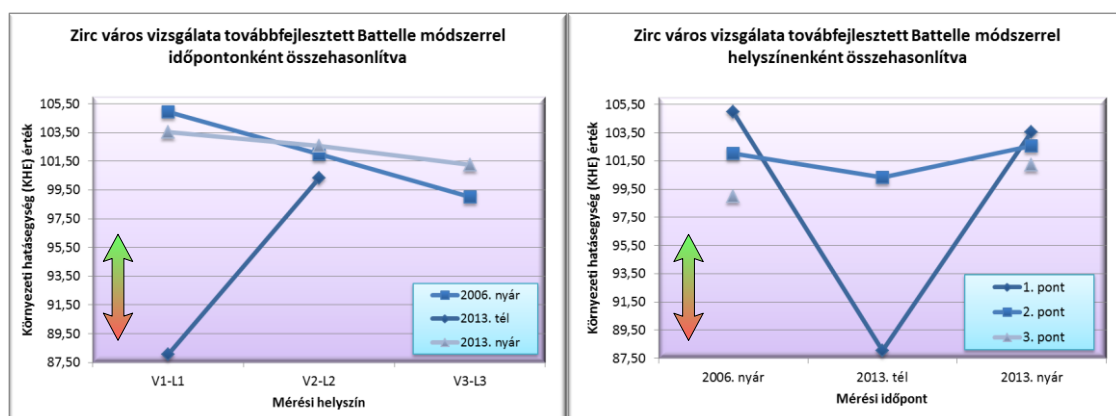
Az elemzés során számolt KHE értékek alapján a vizsgált alternatívák a **42. táblázat** alapján kategorizálhatók, ezáltal meghatározva a vizsgált projekt/alternatíva környezetállapotát.

42. táblázat: Elemzés elvégzése során használandó értékelési skála

KHE érték	Környezet befolyásoltsága
100 <	Érintetlen, természeti/természetes környezet
71 – 99	Természeti/természetes környezet enyhe emberi hatással
46 – 70	Fokozott emberi hatás, természeti környezet regenerálódhat
26 – 45	Erősen befolyásolt, természeti környezet regenerálódása csökkent mértékű
10 – 25	Degradált, természeti környezet regenerálódása nélkül
0 – 9	Elfogadhatatlan hatás, a természeti környezet visszafordíthatatlan pusztulása



16. ábra: Zirc város vizsgálata Battelle módszerrel



17. ábra: Zirc város vizsgálata továbbfejlesztett Battelle módszerrel

Zirc város környezetállapotának Battelle, illetve továbbfejlesztett Battelle módszerrel történő értékelése során megállapítottam, hogy a helyszínenkénti összehasonlítás esetén (a **16. ábra** és a **17. ábra** első diagramjai) a két nyári mérésorozat (2006. és 2013.) eredménye e módszer esetében is hasonló tendenciát mutat.

Az egyes mérési pontok esetében a két nyári mérési időpontban (2006. nyár és 2013. nyár) 1% alatti a KHE_k értékek közötti eltérés, kivéve a módosított Battelle módszer esetében a harmadik mérési pontnál, ahol 2,2%. Megállapítottam, hogy a környezetállapot minősége a nyári idősorokat tekintve minden esetben az 1. mérési pontban a legjobb, még minden esetben a 3. mérési pontban a legrosszabb.

A Battelle módszert két különböző módon meghatározott PFE értékkel számolva a vizsgált helyszín-időpont alternatívák KHE értéke jelentős eltéréseket mutatott. Ezek az eltérések a helyszínenként történt összehasonlítás esetén kevésbé szembetűnőek, azonban a **16. ábra**, illetve a **17. ábra** által bemutatott második diagramokat összehasonlítva látható, hogy az egyes pontok egymáshoz viszonyított értékei jelentősen különböznek.

Ennek oka, hogy a Battelle módszerrel történt vizsgálat során a környezeti hatásegységek meghatározása nagy mértékben függ a paraméterfontossági egység megállapításától, a módszer azonban nem tartalmaz egyértelmű meghatározást annak kiszámítására. Zirc város környezetállapotának vizsgálata során a paraméterfontossági egységeket a *Battelle módszerrel*, minden környezeti paraméter esetében 8,333 értékben határoztam meg, még a *továbbfejlesztett Battelle módszer* esetében ez az érték változó volt. A pontos paraméterfontossági egység értékek a továbbfejlesztett Battelle módszernél a levegő környezeti elem környezeti paramétereire a **37. táblázat**ban míg a felszíni vízre vonatkozóan a **38. táblázat**ban található. A két különböző módon végzett értékelés a környezeti hatásegység értékében jelentős eltéréseket indukált.

Mindhárom mérési pont esetében az idősoros mérési eredményeket a különböző Battelle módszerekkel vizsgálva megállapítottam, hogy megváltoztak a tendenciák. A V1-L1 mérési pont esetében a Battelle módszerrel történő vizsgálat során a KHE_k értékek alapján a környezetállapot minősége az alábbi sorrendben romlik, a legjobbtól a legrosszabb felé haladva:

- ♦ Battelle módszerrel értékelve: 2013. nyár > 2006. nyár > 2013. tél.
- ♦ Továbbfejlesztett Battelle módszerrel értékelve: 2006. nyár > 2013. nyár > 2013. tél.

A második és a harmadik pontok esetében is tendencia váltást tapasztaltam, mindkét pont esetében a

- ♦ Battelle módszerrel értékelve: 2006. nyár esetében jobb ($KHE_{k2} = 78,513$; $KHE_{k3} = 77,945$) még 2013. nyarán rosszabb ($KHE_{k2} = 76,012$; $KHE_{k3} = 75,508$) környezetállapot értéket állapítottam meg.
- ♦ Módosított Battelle módszerrel értékelve: éppen ellenkezően, 2013. nyár esetében volt jobb ($KHE_{k2} = 102,568$; $KHE_{k3} = 101,233$) még 2006. nyarán rosszabb ($KHE_{k2} = 102,009$; $KHE_{k3} = 99,005$) a környezetállapot értéke.

A **42. táblázat** értékelési skáláját figyelembe véve összességében megállapítható, hogy Zirc város környezetállapota a „Nagyon jó” illetve a „Jó” környezetminőségi kategóriába tartozik.

A Battelle módszernek nem része sorrend felállítása, azonban a vizsgált alternatívák KHE_k értékeinek sorrendbe állítása, szemlélteti legjobbam az alapmódszer és a továbbfejlesztett módszer eltéréseit.

A sorrend kialakítását a környezetállapot minőségére utaló környezeti hatásegység értékek alapján végeztem. Mivel a Battelle módszerrel történt értékelés esetén a nagyobb KHE érték jobb környezetállapotra utal, ezért a legnagyobb KHE értéket – mint a társadalom szempontjából az elvárásoknak leginkább megfelelő állapotot – helyeztem a sorrend elejére – *Sorrend* = 1 – a legalacsonyabb sorrendi értéket pedig a legkisebb KHE értékhez rendeltem.

A nyolc mérési pontból, csupán kettő – a 2006. nyár 2 és 3 mérési pont – kapta ugyanazt a sorrend értéket mindkét módszer esetében. Ennek oka, hogy a Battelle módszer esetében két tényező (KM, PFE) szorzata alapján végzendő az értékelés. A környezetminőségi skálaértékek meghatározása természettudományi törvényszerűségek alapján történik, a megállapításukhoz használandó értékösszefüggés univerzális, esettől/projektől független. A módszer paraméterfontossági egysége azonban több módszerrel is meghatározható, így módszertől függően akár nagyságrendi eltérés is lehet az adott projekt környezeti paraméterére vonatkozóan. Így, mint azt a **43. táblázat** is szemlélteti, megállapítottam, hogy a Battelle módszer esetében rendkívül fontos a módszer szempontjából PFE (paraméterfontossági egység) meghatározásának objektív módja, hiszen a módszer által kialakított értékelést alapvetően befolyásolja.

43. táblázat: Zirc város Battelle módszerrel történő vizsgálata során számolt KHE értékek sorrendje a két alternatív módszer esetében

Mérési időpont	Mérési helyszín	Battelle módszer		Továbbfejlesztett Battelle módszer	
		KHE	Sorrend*	KHE	Sorrend*
2006. nyár	L1-V1	80,532	2	104,953	1
	L2-V2	78,513	4	102,009	4
	L3-V3	76,012	7	99,005	7
2013. tél	L1-V1	77,887	6	88,038	8
	L2-V2	79,607	3	100,326	6
	L3-V3	–	–	–	–
2013. nyár	L1-V1	81,158	1	103,525	2
	L2-V2	77,945	5	102,568	3
	L3-V3	75,508	8	101,233	5

* A vizsgált alternatíva környezeti hatásegysége alapján megállapított sorrend.

5.1.4 Zirc város környezetállapot-értékelése a TOPSIS-SAW módszerrel

Negyedik vizsgálatként Zirc város környezetállapotát a TOPSIS és a SAW módszer [100][101][103] együttes használatával végeztem el. E két módszer együttes használatával arra kerestem választ, hogy a vizsgált alternatívák (a helyszínek és időpontok vonatkozásában) közül melyik esetben a legkedvezőbb a környezet állapota.

Az **5.1.4 fejezet**ben a TOPSIS és a SAW módszer segítségével értékeltem Zirc város környezetállapotát, felhasználva ehhez a 2006-ban és 2013-ban (pontos specifikáció a **12. táblázat**ban) kapott mérési eredményeket. Először a felszíni víz, utána a levegőminőségi mérések értékelése történt, végül a környezet egészére vonatkozó összegzés.

A TOPSIS módszer szerinti alapmátrix elkészítése a vízminőségi vizsgálatok kiértékeléséhez

Zirc város vízminőségi vizsgálatának kiértékeléséhez első lépésként meg kellett határozni a mátrix kritériumokat és a mátrix alternatívákat. Alternatívaként az egyes mérési időpontok/helyszínek kerültek kiválasztásra, még a módszer kritériumainak a vizsgált környezeti elem környezeti paramétereit jelöltem ki. E vizsgálatnál a különböző időpontok és mérési helyszíneken kapott értékeket tudtam összehasonlítani.

Amennyiben a TOPSIS-alternatívákat és TOPSIS-kritériumot fordított módon választottam volna meg, azaz TOPSIS-kritérium az egyes helyszínek és időpontok, a TOPSIS-alternatívák pedig a mérési paraméterek, akkor a végső értékelésnél arra kaptam volna választ, hogy melyik környezeti paraméter esetében mértem többször kedvezőtlenebb értéket, illetve melyik az a környezeti paraméter, amelyik esetében a legtöbbször kaptam jó eredményt. Ennek értékelése azonban hat környezeti paraméter esetében egyszerűen, a mért értékek alapján is megállapítható lett volna. A kritérium és az alternatíva megválasztása az értékelést végző személy – disszertációm tekintetében a saját – elvárásától függ.

A vízminőségi vizsgálatok TOPSIS módszerrel történő kiértékeléséhez megalkottam az alapmátrixot, melyet a **44. táblázat** szemléltet.

44. táblázat: A vízminőségi vizsgálatok alapláza

Mérési időszak*	Mérési pont*	Környezeti paraméterek					
		Vezetőképesség (µS/cm)	KOI (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Fe (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
2006. nyár	V1	754	1,5	11,96	0,13	0,06	0,02
	V2	729	1,8	22,59	0,17	0,02	0,03
	V3	835	5,2	30,570	0,57	0,04	0,044
2013. tél	V1	836,7	1,44	6,04	0,1	0,06	0,00136
	V2	877,6	0,64	7,64	0,06	0,01	0,01918
	V3	894,1	0,24	5,55	0,08	0,09	0,01918
2013. nyár	V1	861	12,8	0,9945	0,08	0,1	0,135
	V2	985	3,3	14,9724	0,05	0,1	0,169
	V3	1175	10	18,011	0,12	0,1	0,31

* A mérési időpontok és helyszínek specifikálása a **12. táblázat**ban kerültek összefoglalásra.

A normalizált mátrix elemeit a **(12) egyenlet**tel számoltam. Az egyenlet értelmezése érdekében a V1 ponton 2006. nyáron mért vezetőképességi érték alapján szemléltettem a számítást. A vizsgált értéket (V1 pont, 2006. nyár mérési eredménye) osztottam az összes időpontban, illetve az összes mérési helyszínen kapott vezetőképességi érték négyzeteinek összegéből vont négyzetgyökkel. Így a 2006-ban a V1 mérési ponton vett vízminta vezetőképességének vonatkozásában az alábbi normalizált értéket kapom **((31) egyenlet)**:

$$y_{\text{norm}(2006-V1-\text{vez.kép})} = \frac{754}{\sqrt{754^2 + 729^2 + 835^2 + 836,7^2 + 877,6^2 + 894,1^2 + 861^2 + 985^2 + 1175^2}} = 0,2818 \quad (31)$$

A **44. táblázat** minden egyes elemére alkalmazva a **(31) egyenlet**et kaptam meg a normalizált mátrixot (**45. táblázat**), melynek elemei már dimenziómentes számok.

45. táblázat: A normalizált mátrix meghatározása a vízminőségi alapadatokra Zirc város vonatkozásában

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számított normalizált értékek					
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe	PO ₄ ³⁻
2006. nyár	V1	0,2818	0,0852	0,2514	0,2020	0,2756	0,0522
	V2	0,2725	0,1023	0,4749	0,2642	0,0919	0,0783
	V3	0,3121	0,2954	0,6426	0,8859	0,1837	0,1148
2013. tél	V1	0,3127	0,0818	0,1270	0,1554	0,2756	0,0035
	V2	0,3280	0,0364	0,1606	0,0933	0,0459	0,0500
	V3	0,3342	0,0136	0,1167	0,1243	0,4134	0,0500
2013. nyár	V1	0,3218	0,7272	0,0209	0,1243	0,4593	0,3523
	V2	0,3681	0,1875	0,3147	0,0777	0,4593	0,4410
	V3	0,4391	0,5681	0,3786	0,1865	0,4593	0,8089

A vizsgálat következő lépése a környezeti paraméterek fontosságának/súlyának megadása volt. Ezek értékét az alap Battelle módszernél (5.1.3 fejezet) alkalmazott súlyokkal azonos értékkel adtam meg, azaz minden környezeti paraméter súlya $w_i = 8,333$.

Ezt követően szoroztam – a (13) egyenlet alapján – a normalizált mátrix (45. táblázat) minden elemét a rá vonatkozó környezeti paraméter súlyával, így megkaptam a súlyozott mátrixot (46. táblázat).

46. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemére vonatkozó súlyozott mátrix, a környezeti paraméterek legkisebb értékétől és a legnagyobb értékétől való eltérése

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számolt súlyozott normalizált értékek					
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe	PO ₄ ³⁻
2006. nyár	V1	2,3484	0,7102	2,0951	1,6837	2,2966	0,4349
	V2	2,2705	0,8522	3,9572	2,2017	0,7655	0,6524
	V3	2,6006	2,4620	5,3551	7,3823	1,5311	0,9568
2013. tél	V1	2,6059	0,6818	1,0580	1,2951	2,2966	0,0296
	V2	2,7333	0,3030	1,3383	0,7771	0,3828	0,4171
	V3	2,7847	0,1136	0,9722	1,0361	3,4449	0,4171
2013. nyár	V1	2,6816	6,0602	0,1742	1,0361	3,8276	2,9356
	V2	3,0678	1,5624	2,6228	0,6476	3,8276	3,6750
	V3	3,6596	4,7345	3,1550	1,5542	3,8276	6,7411
Minimum érték		2,2705	0,1136	0,1742	0,6476	0,3828	0,0296
Maximum érték		3,6596	6,0602	5,3551	7,3823	3,8276	6,7411

TOPSIS módszer szerinti környezetminőségi rangsor felállítása a vízminőségi vizsgálatok kiértékeléséhez

A normalizált-súlyozott mátrix elemeiből (46. táblázat) oszloponként kiválasztom a legkisebb normalizált-súlyozott értékeket, majd a (32) egyenlet alapján számoltam az elemek minimumától, azaz a legkisebb normalizált-súlyozott értéktől való távolságát, melyet S_i^- értékkel jelöltem ((32) egyenlet). A legkisebb normalizált érték a vizsgálati alternatívák esetében mért legalacsonyabb érték – legkisebb a szennyezőanyag mennyisége a környezetben – az adott környezeti paraméter tekintetében.

$$S_1^- = \sqrt{(V_{11} - V_{min1})^2 + (V_{12} - V_{min2})^2 + \dots + (V_{16} - V_{min6})^2} \quad (32)$$

ahol:

S_1^- – az adott kritériumhoz tartozó súlyozott normalizált értékek a legkisebb súlyozott normalizált értéktől való távolsága.

A **(32) egyenletet** a 2006. nyár 1. mérési ponton mért vezetőképesség érték alapján szemléltettem a **(33) egyenletben**.

$$S_{2006nyárV1-vezkép}^- = \sqrt{(2,3484 - 2,2705)^2 + (0,7102 - 0,1136)^2 + (2,0951 - 0,1742)^2 + (1,6837 - 0,6476)^2 + (2,2966 - 0,3828)^2 + (0,4349 - 0,0296)^2} = 0,2,9920 \quad (33)$$

A **46. táblázat**ban szereplő minden alternatívára alkalmazva a **(32)** és a **(33) egyenleteket** a kiszámoltam a Zirc város felszíni víz környezeti elem esetében mért környezeti paraméterek minimalizált – a legkisebb értéktől való eltérés – értékeit. A kapott eredményeket a **47. táblázat**ban foglaltam össze (S_m^- érték). A mátrix elemei a minimalizálás részlépéseinek eredményét tartalmazzák a **9. táblázat** szerint.

47. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elem esetében számított minimalizált értékek

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számított minimalizált értékek						Alternatíva minimalizált értéke S_m^-
		Vezető-képesség	KOI	NO_3^-	NH_4^+	Fe	PO_4^{3-}	
2006. nyár	V1	0,0061	0,3559	3,6897	1,0735	3,6627	0,1643	2,9920
	V2	0,0000	0,5455	14,3108	2,4155	0,1465	0,3879	4,2197
	V3	0,1090	5,5147	26,8411	45,3570	1,3186	0,8597	8,9443
2013. tél	V1	0,1125	0,3228	0,7812	0,4194	3,6627	0,0000	2,3018
	V2	0,2142	0,0359	1,3552	0,0168	0,0000	0,1502	1,3312
	V3	0,2644	0,0000	0,6368	0,1510	9,3765	0,1502	3,2525
2013. nyár	V1	0,1690	35,3618	0,0000	0,1510	11,8671	8,4452	7,4829
	V2	0,6357	2,0989	5,9954	0,0000	11,8671	13,2889	5,8212
	V3	1,9295	21,3528	8,8854	0,8219	11,8671	45,0443	9,4816

A következő lépésben a normalizált-súlyozott mátrix (**46. táblázat**) elemeiből oszloponként kiválasztottam a legnagyobb normalizált-súlyozott értékeket, majd a **(34) egyenlet** alapján számoltam az elemek maximumtól, azaz a legnagyobb normalizált-súlyozott értéktől való távolságát, melyet S_m^+ érték jelöl. A legnagyobb normalizált érték a vizsgálati alternatívák

esetében mért legnagyobb érték – legnagyobb a szennyezőanyag mennyisége a környezetben – az adott környezeti paraméter tekintetében.

$$S_1^+ = \sqrt{(V_{11} - V_{max1})^2 + (V_{12} - V_{max2})^2 + \dots + (V_{16} - V_{max6})^2} \quad (34)$$

ahol:

S_1^+ – az adott kritériumhoz tartozó súlyozott normalizált értékek a legnagyobb súlyozott normalizált értéktől való távolsága.

A **(34) egyenlet**et a 2006. nyár 1. mérési ponton mért vezetőképesség érték alapján szemléltettem a **(35) egyenlet**ben.

$$S_{2006nyárV1-vezkép}^+ = \sqrt{(2,3484 - 3,6596)^2 + (0,7102 - 6,0602)^2 + (2,0951 - 5,3551)^2 + (1,6837 - 7,3823)^2 + (2,2966 - 3,8276)^2 + (0,4349 - 6,7411)^2} = 10,7497 \quad (35)$$

A **46. táblázat** minden elemére alkalmazva a **(34)** és **(35) egyenlete**ket kiszámoltam a Zirc város felszíni víz környezeti elem esetében mért környezeti paraméterek maximalizált – a legnagyobb értéktől való eltérés – értékeit. A kapott eredményeket a **48. táblázat**ban foglaltam össze (S_m^+ érték). A mátrix elemei a minimalizálás részlépéseinek eredményét tartalmazza a **9. táblázat** szerint.

48. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elem esetében számított maximalizált értékek

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számított maximalizált értékek						Alternatíva minimalizált értéke S_i^+
		Vezetőképesség	KOI	NO_3^-	NH_4^+	Fe	PO_4^{3-}	
2006. nyár	V1	1,7193	28,6228	10,6275	32,4745	2,3441	39,7678	10,7497
	V2	1,9295	27,1232	1,9541	26,8384	9,3765	37,0724	10,2124
	V3	1,1214	12,9474	0,0000	0,0000	5,2743	33,4579	7,2664
2013. tél	V1	1,1102	28,9275	18,4642	37,0538	2,3441	45,0443	11,5301
	V2	0,8580	33,1453	16,1341	43,6292	11,8671	39,9930	12,0676
	V3	0,7654	35,3618	19,2093	40,2744	0,1465	39,9930	11,6512
2013. nyár	V1	0,9564	0,0000	26,8411	40,2744	0,0000	14,4814	9,0859
	V2	0,3502	20,2303	7,4654	45,3570	0,0000	9,4010	9,0997
	V3	0,0000	1,7574	4,8400	33,9674	0,0000	0,0000	6,3691

Az alternatívákra vonatkozó minimalizált és maximalizált értékekből (47. táblázat, 48. táblázat) számoltam az egyes alternatívák relatív távolságát (C_m^* értékek) a (36) egyenlet alapján. A környezetminőségi rangsor felállításakor a legkisebb C_i értékkel rendelkező paraméter jelenti a legkevésbé szennyezett, azaz a legjobb környezetállapotot.

$$C_m^* = \frac{S_m^-}{S_m^+ + S_m^-} \quad (36)$$

ahol:

C_m^* – a mátrix alternatíváinak relatív távolsága a maximum illetve a minimum értékektől.

A relatív távolságokat csökkenő sorrendbe rendezve megkaptam a környezetminőségi rangsort (49. táblázat) [100].

49. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemének TOPSIS módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között

Mérési időszak	Mérési pont	C_m^* érték	Rangsor TOPSIS módszer szerint (R_{Tm})*
2006. nyár	V1	0,2177	3
	V2	0,2924	5
	V3	0,5518	8
2013. tél	V1	0,1664	2
	V2	0,0994	1
	V3	0,2182	4
2013. nyár	V1	0,4516	7
	V2	0,3901	6
	V3	0,5982	9

* R_{Tm} – TOPSIS módszer szerinti környezetminőségi rangsor

A legjobb környezeti állapotú ponthoz a legkisebb (1) környezetminőségi rangsor (R_{Tm}) értéket rendeltem, még a legnagyobb értéket a legrosszabb környezeti állapotú pont kapta.

A SAW módszerrel történő felszíni víz vizsgálatok értékelése

Zirc város felszíni víz vizsgálatainak eredményeit a SAW módszerrel vizsgálva az alapadat mátrix (44. táblázat) megegyezett a TOPSIS módszernél használttal.

A SAW módszer esetében figyelmet kell fordítani arra, hogy a maximalizálás vagy a minimalizálás elvégezése a célszerűbb. Ha egy új projekt esetében a lehetséges alternatívák közül a legjobb megoldást kell azonosítani, akkor minimalizálni kell, azaz a legkisebb (a környezeti szempontból legkedvezőbb) környezetminőségi értékhez hasonlítva, az ahhoz legközelebb eső alternatíva az elfogadható.

Amennyiben viszont egy meglévő létesítményt vagy helyszínt vizsgálunk, ott maximalizálni érdemes, hiszem a környezeti szempontból kedvezőtlenebb alternatívákat kell keresni, melyeknél a legkorábban lehet szükség valamely beavatkozás elvégzésére a környezetállapot javítása céljából.

A SAW módszer szerinti rangsorolás négy lépésben ({1}-{4}) számítható. Az alapmátrix **(44. táblázat)** minden oszlopában meghatároztam a maximum értéket ($y_{n,max}$) {1}, majd minden egyes környezeti paraméter mérési eredményének és a hozzá tartozó maximum értékének hányadosát képeztem ($\frac{y_{mn}}{y_{n,max}}$) {2}, végül a hányadosokat megszoroztam az oszlophoz/mátrix paraméterhez tartozó fontossági súllyal ($w_n \cdot \frac{y_{mn}}{y_{n,max}}$) {3}. Az így kapott értékeket soronként összegeztem **((37) egyenlet)** {4}, ezáltal megkapva a mátrix alternatíváinak relatív távolságát (p_m) a maximum értékektől.

A környezetminőségi rangsor felállítása nem tér el a TOPSIS módszer esetében alkalmazottól. Az alternatívákat a hozzájuk tartozó p_i érték nagysága szerint csökkenő sorrendbe állítottam. Az a mátrix alternatíva – jelen esetben környezeti alternatíva – melynek legnagyobb a P_m értéke, kapja a legnagyobb rangsor értéket – ez a környezeti alternatíva a legszennyezettebb –, illetve a legkisebb p_i értékű mátrix alternatíváé lesz a legkisebb rangsor érték, ami viszont környezetállapot tekintetében a legkedvezőbb esethez tartozik **(50. táblázat)**.

$$p_m = \sum_{n=1}^k w_n \cdot \frac{y_{mn}}{y_{n,max}} \quad (37)$$

ahol:

p_m – a vizsgált környezeti alternatíva maximalizált értéke.

50. táblázat: Zirc város felszíni víz minőségének vizsgálataihoz kapcsolódó környezeti paraméterek maximalizált értékei és a mátrix alternatívákhoz tartozó P_m értékek

Mérési időszak	Mérési pont	Környezeti paraméterek						Az alternatívákhoz tartozó P_m értékek
		Vezetőképesség	KOI	NO_3^-	NH_4^+	Fe	PO_4^{3-}	
2006. nyár	V1	5,3	0,9766	3,2603	1,9006	5,0000	0,5376	17,0226
	V2	5,2	1,1719	6,1580	2,4854	1,6667	0,8065	17,4586
	V3	5,92	3,3854	8,3333	8,3333	3,3333	1,1828	30,4902
2013. tél	V1	5,93	0,9375	1,6465	1,4620	5,0000	0,0366	15,0166
	V2	6,22	0,4167	2,0827	0,8772	0,8333	0,5156	10,9495
	V3	6,34	0,1563	1,5129	1,1696	7,5000	0,5156	17,1955
2013. nyár	V1	6,11	8,3333	0,2711	1,1696	8,3333	3,6290	27,8428
	V2	7,0	2,1484	4,0815	0,7310	8,3333	4,5430	26,8230
	V3	8,3	6,5104	4,9098	1,7544	8,3333	8,3333	38,1746

A vizsgált alternatívák SAW módszerrel meghatározott környezetminőségi rangsorát az **51. táblázat**ban mutattam be.

51. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemének SAW módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között

Mérési időszak	Mérési pont	P_m érték	Rangsor SAW módszer szerint (R_{Sm})*
2006. nyár	V1	17,0226	3
	V2	17,4586	5
	V3	30,4902	8
2013. tél	V1	15,0166	2
	V2	10,9495	1
	V3	17,1955	4
2013. nyár	V1	27,8428	7
	V2	26,8230	6
	V3	38,1746	9

* R_{Sm} – SAW módszer szerinti környezetminőségi rangsor

A TOPSIS módszerrel azonos módon a SAW módszer esetében is a legjobb környezeti állapotú alternatívához rendeltem a legkisebb (1) SAW rangsor (R_{Sm}) értéket, még a legrosszabb környezeti állapotú ponthoz a legnagyobbat.

Zirc város felszíni víz környezeti elemének vizsgálatának értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel

A TOPSIS-SAW módszerek együttes alkalmazásakor az egyes módszerekkel külön-külön számolt környezetminőségi rangsorok átlagolt értékét vettem figyelembe az eredmény értékelésekor. A felszíni víz környezeti elemre a két módszerrel (TOPSIS-SAW) teljesen azonos környezetminőségi rangsort (R_{Tm} , R_{Sm}) állítottam fel. Így a következtetések levonásakor a két módszer által kapott környezetminőségi rangsor átlagértékei (R_{Tsm}) azonosak az egyes módszerek által kapott környezetminőségi rangsorokkal. Az alternatívák közti rangsor az alábbiak szerint alakult (52. táblázat):

52. táblázat: Zirc város felszíni víz környezeti elemének értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel meghatározott környezetminőségi rangsorok alapján

Mérési időszak	Mérési pont	Rangsor (R_{Tsm})*				
		TOPSIS	SAW	Összesített	Időszakonként összesített	Helyszínenként összesített
2006. nyár	V1	3	3	3	5,3	V1 4,0
	V2	5	5	5		
	V3	8	8	8		
2013. tél	V1	2	2	2	2,3	V2 7,0
	V2	1	1	1		
	V3	4	4	4		
2013. nyár	V1	7	7	7	7,3	V3 4,0
	V2	6	6	6		
	V3	9	9	9		

* R_{Tsm} – TOPSIS-SAW módszer szerinti környezetminőségi rangsor

Az időpontokat vizsgálva a 2013. tél esetében állapítottam meg a legjobb és 2013. nyár esetében pedig a legrosszabb környezeti állapotot. A mérési helyszíneket tekintve a V2 mérési helyen (bevásárlóközpont) a legrosszabb a vízminőség, még a V1 (Zirc előtt) és V3 (Kardosrét) mérési pontokon azonos környezeti állapotot állapítottam meg a TOPSIS-SAW módszerekkel történt vizsgálat alapján.

TOPSIS módszer szerinti alapmátrix elkészítése a levegőminőségi vizsgálatok kiértékeléséhez

Zirc város levegőminőségi vizsgálatának kiértékelését TOPSIS módszer szerint a felszíni víz vizsgálat során leírtak szerint végeztem el. Első lépésként ebben az esetben is meg kellett határoznom a kritériumok és a paraméterek halmazát. Mátrix paraméterekként a levegőminőség vizsgálatához az egyes mérési időpontokat/helyszíneket választottam ki,

míg a módszer kritériumaihoz a vizsgált környezeti elem környezeti paramétereit (NO₂, NO_x, CO, O₃, C₆H₆, PM₁₀) jelöltem ki. Így ezzel a vizsgálattal is a különböző időpontok és mérési helyszíneken kapott értékeket hasonlítottam össze.

A kutatás időszakára vonatkozó mérési alapadatokat az **53. táblázat**ban foglaltam össze, majd ezeket figyelembe véve az **54. táblázat** szerint határoztam meg az alpmátrixot a levegőminőségi vizsgálatokhoz.

53. táblázat: A levegőminőségi vizsgálatok alpmátrixa

Mérési időszak*	Mérési pont*	Környezeti paraméterek (µg/m ³)					
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
2006. nyár	L1	3,9	10,0	306,5	91,9	0,6	2,8
	L2	16,8	19,7	535,0	93,0	2,6	2,8
	L3	7,6	10,3	335,2	132,2	1,2	15,4
2013. tél	L1	15,2	17,7286	932,2	57,9	10,5	30,32
	L2	8,09	10,0748	521,5	64,2	4,06	10,89
	L3	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	1,99	2,4544	188,468	88,4814	0,3156	17,7626
	L2	3,708	8,406	278,77	80,77	0,331	16
	L3	5,9899	13,99	257,03	76,258	0,25	19,65

* A mérési időpontok és helyszínek specifikálása a **12. táblázat**ban olvashatók.

Az **53. táblázat** minden egyes elemére alkalmazva a **(12) egyenletet**, kapjuk meg a normalizált mátrixot (**54. táblázat**).

54. táblázat: A normalizált mátrix meghatározása a levegőminőségi alapadatok Zirc város vonatkozásában

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számított normalizált értékek					
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
2006. nyár	L1	0,1530	0,2792	0,2276	0,3685	0,0507	0,0591
	L2	0,6582	0,5500	0,3974	0,3730	0,2233	0,0591
	L3	0,2973	0,2880	0,2490	0,5300	0,1026	0,3246
2013. tél	L1	0,5955	0,4950	0,6924	0,2321	0,9019	0,6395
	L2	0,3169	0,2813	0,3873	0,2574	0,3487	0,2297
	L3	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	0,0780	0,0685	0,1400	0,3547	0,0271	0,3746
	L2	0,1453	0,2347	0,2071	0,3238	0,0284	0,3374
	L3	0,2347	0,3906	0,1909	0,3057	0,0215	0,4144

A vizsgálat következő lépése a környezeti paraméterek fontosságának/súlyának megadása volt. A felszíni víz környezeti elem esetében is az alap Battelle módszernél

(5.1.3 fejezet) alkalmazott fontossági súlyt vettem figyelembe, így minden környezeti paraméter súlya $w_i = 8,333$. Meghatároztam a levegő környezeti elemre vonatkozó súlyozott mátrixot, melyet az 55. táblázat mutat be.

55. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemére vonatkozó súlyozott mátrix

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számított súlyozott normalizált értékek					
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
2006. nyár	L1	1,2751	2,3268	1,8968	3,0710	0,4229	0,4927
	L2	5,4846	4,5836	3,3113	3,1084	1,8609	0,4927
	L3	2,4775	2,4003	2,0747	4,4163	0,8548	2,7052
2013. tél	L1	4,9623	4,1251	5,7698	1,9342	7,5158	5,3289
	L2	2,6411	2,3442	3,2278	2,1447	2,9061	1,9140
	L3	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	0,6497	0,5711	1,1665	2,9558	0,2259	3,1219
	L2	1,2105	1,9559	1,7254	2,6982	0,2369	2,8121
	L3	1,9555	3,2552	1,5909	2,5475	0,1789	3,4536

TOPSIS módszer szerinti környezetminőségi rangsor felállítása a levegőminőségi vizsgálatok kiértékeléséhez

A vízminőség vizsgálatok során végzett elemzéssel azonos módon elvégeztem a súlyozott mátrix minimalizálását (56. táblázat) és a maximalizálását (57. táblázat).

56. táblázat: Zirc város levegő környezeti elem esetében mért környezeti paraméterek legkisebb értékétől való eltérése és az alternatívák minimalizált értéke

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számolt minimalizált értékek						Alternatíva minimalizált értéke S_m^-
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀	
2006. nyár	L1	0,3912	3,0825	0,5333	1,2923	0,0595	0,0000	2,3149
	L2	23,3768	16,1005	4,6003	1,3787	2,8290	0,0000	6,9488
	L3	3,3409	3,3460	0,8249	6,1608	0,4567	4,8949	4,3617
2013. tél	L1	18,5986	12,6308	21,1899	0,0000	53,8295	23,3885	11,3858
	L2	3,9658	3,1439	4,2488	0,0443	7,4374	2,0200	4,5673
	L3	–	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	0,0000	0,0000	0,0000	1,0437	0,0022	6,9124	2,8210
	L2	0,3146	1,9177	0,3124	0,5837	0,0034	5,3794	2,9174
	L3	1,7052	7,2044	0,1801	0,3761	0,0000	8,7667	4,2699
Minimum érték		0,6497	0,5711	1,1665	1,9342	0,1789	0,4927	

57. táblázat: Zirc város levegő környezeti elem esetében mért környezeti paraméterek legnagyobb értékétől való eltérése és az alternatívák maximalizált értéke

Mérési időszak	Mérési pont	A környezeti paraméterek mérési adatai alapján számított maximalizált értékek						Alternatíva maximalizált értéke S_m^+
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀	
2006. nyár	L1	1,6260	5,4140	3,5978	9,4312	0,1789	0,2428	4,5266
	L2	30,0810	21,0097	10,9649	9,6621	3,4630	0,2428	8,6847
	L3	6,1378	5,7614	4,3045	19,5037	0,7306	7,3179	6,6148
2013. tél	L1	24,6241	17,0162	33,2901	3,7412	56,4873	28,3969	12,7889
	L2	6,9754	5,4953	10,4185	4,5996	8,4455	3,6633	6,2927
	L3	–	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	0,4221	0,3261	1,3607	8,7368	0,0510	9,7460	4,5434
	L2	1,4654	3,8255	2,9771	7,2803	0,0561	7,9077	4,8489
	L3	3,8240	10,5962	2,5308	6,4896	0,0320	11,9272	5,9498
Maximum érték		5,4846	4,5836	5,7698	4,4163	7,5158	5,3289	

Az S_m^- és S_m^+ értékekből számoltam az egyes mátrix elemek relatív távolságát (C_m^* értékek) a legkisebb és legnagyobb értéktől, majd a kapott értékeket rangsoroltam. A környezetminőségi rangsor az **58. táblázat**ban található.

58. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemének TOPSIS módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között

Mérési időszak	Mérési pont	C_m^* érték	Rangsor (R_{Tm}) TOPSIS módszer szerint
2006. nyár	L1	4,5266	1
	L2	8,6847	7
	L3	6,6148	6
2013. tél	L1	12,7889	8
	L2	6,2927	5
	L3	–	–
2013. nyár	L1	4,5434	2
	L2	4,8489	3
	L3	5,9498	4

A SAW módszerrel történő levegő vizsgálatok értékelése

Zirc város SAW módszerrel történő levegőminőségi vizsgálatát a felszíni vízzel azonos módon végeztem. A SAW módszer alapmátrix adatai ebben az esetben is megegyeztek a TOPSIS módszernél használttal (**53. táblázat**).

A felszíni víznél már tárgyalt lépéseken keresztül végeztem a SAW módszer szerinti maximalizálást (**59. táblázat**), hogy végül a mátrix paraméterek SAW módszer szerinti környezetminőségi rangsorához jussak.

59. táblázat: Zirc város levegő minőségének vizsgálataihoz kapcsolódó környezeti paraméterek maximalizált értékei és a mátrix alternatívákhoz tartozó p_i értékek

Mérési időszak	Mérési pont	Környezeti paraméterek ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						A kritériumokhoz tartozó p_m értékek
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀	
2006. nyár	L1	1,9375	4,2303	2,7396	5,7949	0,4689	0,7705	15,9416
	L2	8,3333	8,3333	4,7826	5,8654	2,0633	0,7705	30,1485
	L3	3,7643	4,3639	2,9966	8,3333	0,9478	4,2303	24,6361
2013. tél	L1	7,5397	7,4996	8,3333	3,6498	8,3333	8,3333	43,6891
	L2	4,0129	4,2619	4,6619	4,0469	3,2222	2,9931	23,1989
	L3	–	–	–	–	–	–	–
2013. nyár	L1	0,9871	1,0383	1,6848	5,5775	0,2505	4,8820	14,4201
	L2	1,8393	3,5560	2,4920	5,0914	0,2627	4,3975	17,6389
	L3	2,9712	5,9181	2,2977	4,8070	0,1984	5,4007	21,5931

A SAW módszer alapján az alternatívákat (időpontok és helyszínek) az **60. táblázat** szerint rangsoroltam.

60. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemének SAW módszerrel történő elemzése során felállított környezetminőségi rangsora a mérési helyszínek és időpontok között

Mérési időszak	Mérési pont	P_m érték	Rangsor (R_{Sm}) SAW módszer szerint
2006. nyár	L1	15,9416	2
	L2	30,1485	7
	L3	24,6361	6
2013. tél	L1	43,6891	8
	L2	23,1989	5
	L3	–	–
2013. nyár	L1	14,4201	1
	L2	17,6389	3
	L3	21,5931	4

Zirc város levegő környezeti elemének vizsgálatainak értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel

A két módszer segítségével a levegőminőségi vizsgálatok esetében felállított rangsorok tekintetében már jelentősebb eltérések figyelhetők meg. A következtetések levonásakor a

két módszer által kapott környezetminőségi rangsort ebben az esetben is átlagoltam. Így az alternatívák közti környezetminőségi rangsor az alábbiak szerint alakult (**61. táblázat**).

61. táblázat: Zirc város levegő környezeti elemének értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel meghatározott környezetminőségi rangsorok alapján

Mérési időszak	Mérési pont	Rangsor (R_{Tsm})				
		R_T	R_S	R_{TS}	Időszakonként összesített	Helyszínenként összesített
2006. nyár	L1	1	2	1,5	4,8	L1 3,7
	L2	7	7	7		
	L3	6	6	6		
2013. tél	L1	8	8	8	6,5	L2 5,0
	L2	5	5	5		
	L3					
2013. nyár	L1	2	1	1,5	2,8	L3 5,0
	L2	3	3	3		
	L3	4	4	4		

A levegőminőségi vizsgálat során a két módszer különböző időkben/mérési pontonkénti eredménye között minimális/elhanyagolható eltérés mutatkozott (két esetben (2006. nyár L1 és 2013. nyár L1 vizsgálati pont) egy-egy pontos eltérés), így az átlagolást követően már nem tekinthető szignifikáns eltérés az egyes mérési pontok átlag környezetminőségi rangsora és a hozzá tartozó TOPSIS illetve SAW rangsor között. Ebben az esetben az időszakok összehasonlításánál a legjobb környezetállapot minőséget 2013. nyarán állapítottam meg, még a legrosszabb eredmény 2013. tél esetében volt. A mérési helyszínek összehasonlításával megállapítottam, hogy a legjobb eredmény az L1 mérési ponton tapasztaltam, még az L2 és L3 pont környezetállapot minősége egyformán gyengébb volt.

Értékelés Zirc város környezetállapotának TOPSIS-SAW módszerrel történő vizsgálatáról

Annak érdekében, hogy Zirc város környezetének állapotát a TOPSIS-SAW módszerrel értékeljem, a felszíni víz és a levegő környezeti elemekre kapott környezetminőségi rangsorokat figyelembe véve egy újabb átlagolással környezetminőségi rangsort képeztem a környezet egészére, melynek eredményét a **62. táblázat**ban foglaltam össze.

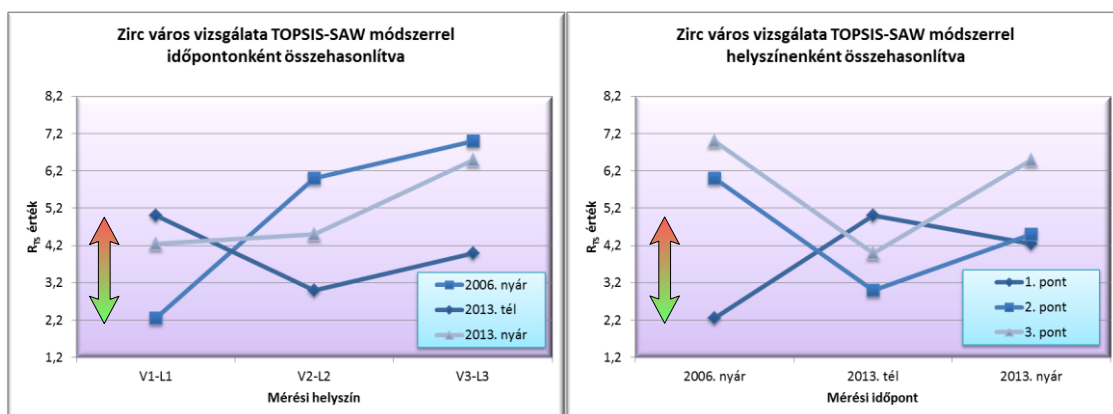
62. táblázat: Zirc város környezetállapotának értékelése a TOPSIS-SAW módszerekkel meghatározott környezetminőségi rangsorok alapján

Mérési időszak	Mérési pont	Rangsor (R_{TSm})				
		R_{TS-R}	R_{TS-A}	R_{TS}	Időszakonként összesített	Helyszínenként összesített
2006. nyár	V1-L1	3	1,5	2,25	5,08	L1 3,83
	V2-L2	5	7	6		
	V3-L3	8	6	7		
2013. tél	V1-L1	2	8	5	4	L2 4,5
	V2-L2	1	5	3		
	V3-L3	4		4		
2013. nyár	V1-L1	7	1,5	4,25	5,08	L3 5,83
	V2-L2	6	3	4,5		
	V3-L3	9	4	6,5		

Az adatokat a **18. ábra** diagramjaival szemléltettem a könnyebb elemzés elősegítése érdekében. A TOPSIS-SAW módszerrel történő vizsgálat esetén minél kisebb a környezetminőségi rangsor érték, a környezet állapota annál kedvezőbb.

A mérési időpontok összehasonlításakor (**18. ábra**) nem állapítható meg tendenciális összefüggés az egyes helyszínek tekintetében.

A mérési helyszínek összehasonlításakor megállapítottam, hogy a V2-L2 és V3-L3 mérési pont környezetállapot változása az idő függvényében azonos tendenciát mutatott, azonban a Zirci Kórház (V2-L2) mérési pontnál minden esetben gyengébb a környezetállapot minősége, mint a Csalogány Kempingben (V3-L3).

**18. ábra: Zirc város vizsgálata TOPSIS-SAW módszerrel mérési helyszínenként és mérési időpontonként összehasonlítva**

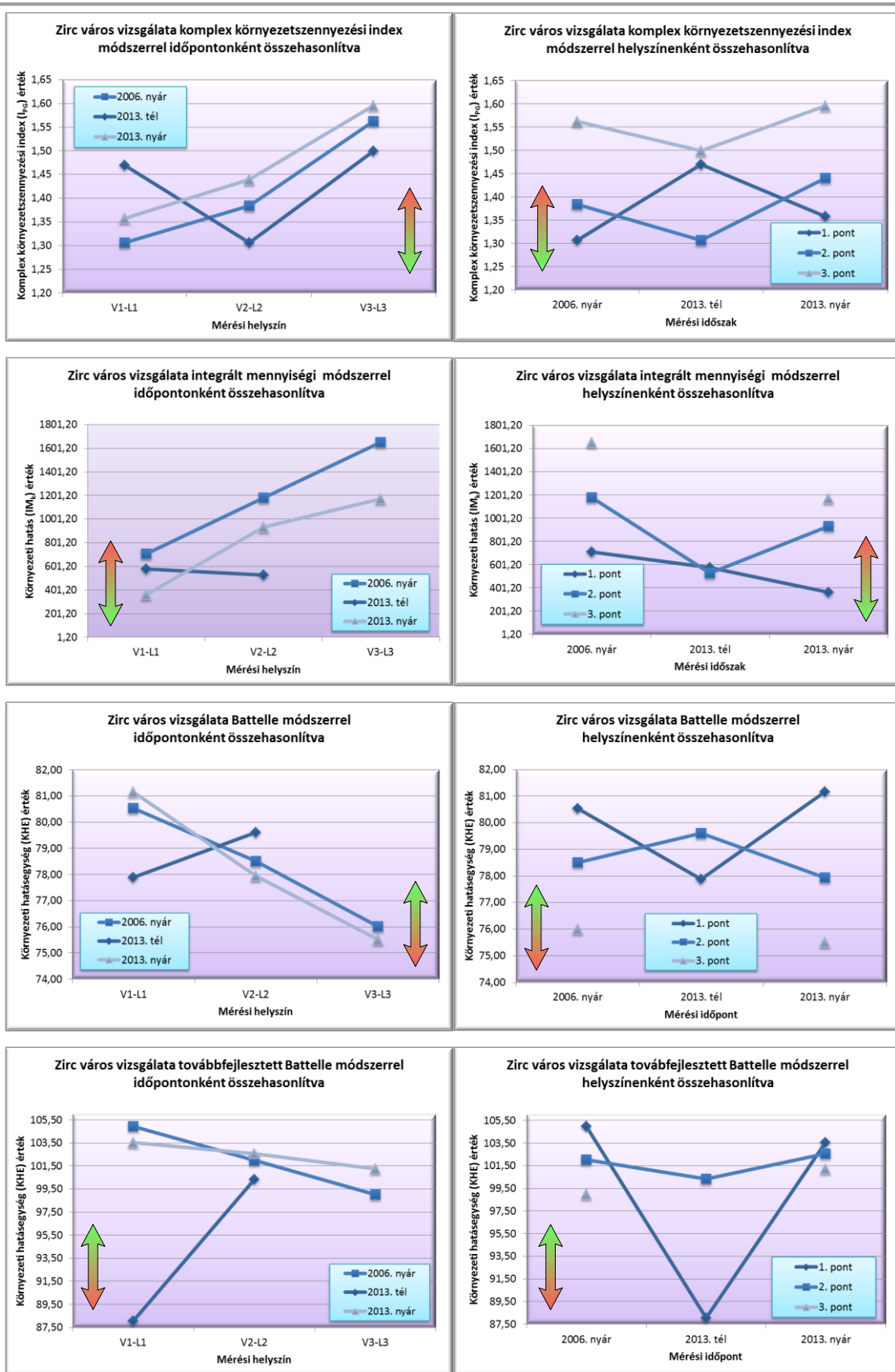
5.1.5 Értékelés Zirc város környezetállapot vizsgálatáról

Zirc város környezetállapotát négy mennyiségi – komplex környezetszennyezési index, integrált mennyiségi, Battelle és TOPSIS-SAW – módszerrel vizsgáltam. A módszerek alapján kapott eredményeket összehasonlítva megállapítottam, hogy több esetben tapasztalható tendenciális azonosság, azonban esetenként eltérő eredmények is születtek.

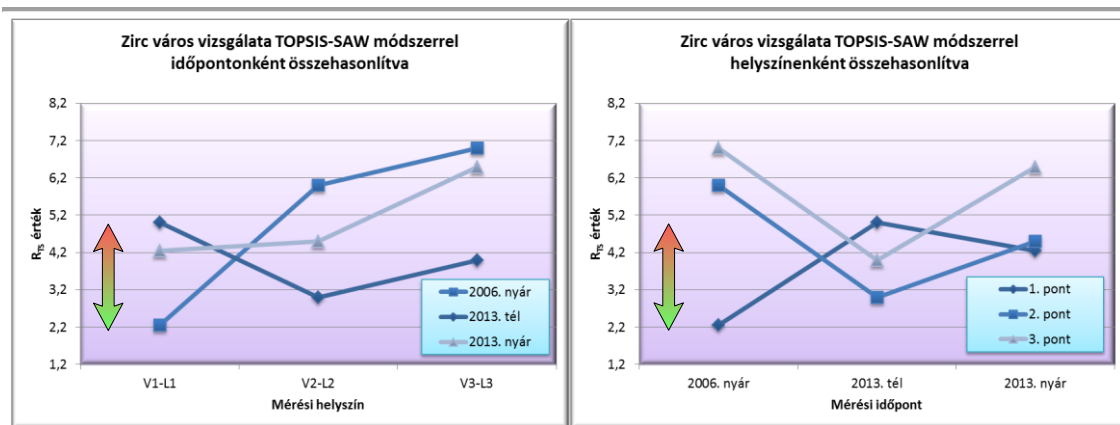
A vizsgálatok tervezésekor a harmadik mérési pontot referencia pontnak választottam, azt feltételezve, hogy a városi környezethez képest jobb környezetállapotot minősítő értékeket kapok. A feltételezés alapja az volt, hogy a referencia pont Zirc várostól északra helyezkedik el, az uralkodó szélirány pedig alapvetően északi (ÉNY – ÉK → DK – DNY), így a városban kibocsátott légszennyező anyagok a várostól délre áramlanak tovább. Illetve a Cuha-patak keleti irányban halad el a város mellett és beépített területet csak kis mértékben érint. Ennek ellenére a nyári időszakokban minden esetben a harmadik mérési pont esetében számoltam a legrosszabb környezetállapotot minősítő értékeket. Ennek oka lehet, hogy a Csalogány kemping (L3 mérési pont) mellett halad a 82-es közút, mely a Bakonyon keresztül rendkívül jelentős átmenő forgalmmal terhelt. Emellett a Cuha-patak Zirc városon részben beépített területen halad keresztül, részben pedig két patak befogadója, melyek közül a déli patak mezőgazdasági területen halad keresztül, míg az északi patak a Város beépített területein halad át, valamint a város szennyvíztisztítója a tisztított elfolyóvizet is a várostól északra, a harmadik mérési pont előtt kb. 2 km-el engedi a befogadó élővízbe, azaz a Cuha patakba.

A vizsgálatok eredményeit ábrázoló diagramok összefoglalását mutatja be a **19. ábra**, alapján megállapítottam, hogy az integrált mennyiségi módszer és a Battelle módszer 2013. téli vizsgálatok esetében a V3-L3 mérési pontnál – ahol nem végeztem levegőminőségi vizsgálatokat – nem szolgáltatott értékelhető információt, annak ellenére, hogy felszíni víz vizsgálatára vonatkozóan álltak rendelkezésre adatok.

A mérési időpontok összehasonlításakor megállapítottam, hogy a környezetszennyezési index módszer, az integrált mennyiségi módszer és a Battelle módszerek esetében a 2006. és 2013. nyári mérési adatsorokból számolt környezetállapot-értéket minősítő adatok azonos tendenciákat mutattak. Minden esetben a V1-L1 mérési pont (Zirc előtt) esetében számoltam a legjobb környezetállapot értékeket, még a V3-L3 mérési pont (Csalogány kemping) esetében a legrosszabbat.



19. ábra: Zirc város környezetállapotának vizsgálata mennyiségi módszerekkel



19. ábra folytatása: Zirc város környezetállapotának vizsgálata mennyiségi módszerekkel

Ugyanakkor azt is megállapítottam, hogy még a környezetszennyezési index módszerrel történő értékelés esetében a 2006. nyári környezetállapot bizonyult jobbnak, addig az integrált mennyiségi módszerrel elvégzett vizsgálat alapján 2013. nyarának környezetállapotát értékeltem kedvezőbbnek.

A vizsgálat során megállapítottam továbbá, hogy a TOPSIS-SAW módszer kevésbé alkalmas környezetállapot-értékelésre. Az időpontonkénti vizsgálat nem követi a környezetszennyezési index, az integrált mennyiségi és a Battelle módszerek által meghatározott tendenciát, ugyanakkor a helyszínenkénti összehasonlítás során a TOPSIS-SAW módszerrel is 2006. nyár és a 2013. nyári mérési sorozatok esetén a V1-L1 mérési ponton (Zirc előtt) számoltam a legjobb környezetállapot értékeket, míg a V3-L3 mérési ponton (Csalogány kemping) a legrosszabbat.

5.2 II. esettanulmány: A Fejér megyei telephelyű DMHU autóipari beszállító vállalat vizsgálata

A DMHU autóalkatrész-gyártó cég a világ első öt legnagyobb hasonló profilú vállalatának egyike. A vállalat különös figyelmet fordít a környezetvédelem ügyére, így belső szabályzatai révén az emissziót tekintve szigorúbb elvárásoknak felel meg, mint amit a hazai jogszabályok előírnak. Kutatás-fejlesztési tevékenységeit a környezettudatos gondolkodásmód vezérli. Célja az általa gyártott gépjárműalkatrészek az üzemi szennyezőanyag kibocsátások javítása, a beépített klímaberendezések globális felmelegedéshez történő hozzájárulásának csökkentése. Magyarországi tevékenysége két fő profilra korlátozódik, a korszerű dízeladagolók és a rendszervezérlő egységek gyártására [117].

A kutatásomhoz felhasznált adatok a székesfehérvári üzem területéről származnak, erre a vállalat a saját önellenőrzéséből származó 2012. évi adatsorait bocsátotta rendelkezésemre (63. táblázat, 64. táblázat)

63. táblázat: Kibocsátott elfolyóvíz szennyezőanyag koncentráció

Vízszennyező anyagok:	mértékegység	átlagérték
KOI _k	mg/l	377,92
pH		7,96
Σ só	mg/l	1252,73
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	10,11
Σ Fe	mg/l	1,44
SO ₄ ²⁻	mg/l	116,82
SZOE	mg/l	4,80
Σ Cd	mg/l	0,02
Σ Cr	mg/l	0,32
Σ Ni	mg/l	0,09
Σ Pb	mg/l	0,09
Σ Cu	mg/l	0,05
Σ Zn	mg/l	0,09
Σ Sn	mg/l	0,02
Cr ⁶⁺	mg/l	0,03

64. táblázat: A DMHU Kft. pontforrásainak összegzett légszennyező anyag koncentrációja [118][119]

Légszennyező anyag megnevezése	Koncentráció (mg/Nm ³)
CO	8262,9
1, 2, 4 - trimetil-benzol	0,01
Aceton	25,7
Ásványolaj gőzök	238,62
Zn	0,25
Etanol-amin	0,91
Etil-alkohol	15,38
Heptán	13,21
Metil-éter/dimetil-éter	31,1
Metil-tercier-butiléter	346,02
NaNO ₃	0,16
NaOH	6,58
NaNO ₂	0,13
NO _x	3827,7
Paraffin-CH-k	2886,33
Cu	0,03
HCl	0,18
Szilárd anyag	90,72
Trimetil-benzolok	0,01
Pentanolok	0,03
SO _x	0,02
Oktán	0,01

A vállalat szennyezőanyag kibocsátásaira vonatkozó információk a Közép-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség által 2009-ben kiadott DMHU egységes környezethasználati engedélye tárgyú határozatában található. A vállalat mind levegő, mind közcsatornába bocsátható szennyezőanyag mennyiségére egyedi határértékeket kapott. Az engedély időbeli hatálya 2019. december 19-ig tart [117].

A környezeti hatás vizsgálatára szolgáló mennyiségi és döntéstámogató módszerek használatával a vállalat környezetterhelését tártam fel. Mivel a hatóság által kiadott egységes környezethasználati engedély kizárólag két környezeti komponensre – levegőbe történő emisszióra és az üzem előtisztított elfolyó szennyvizének közcsatornába történő bebocsátására – vonatkozott, ezért az elemzés során is ezt a két komponenst vizsgáltam. A helyhez kötött légszennyező források kibocsátási határértékeit az IPPC engedély [117] 1.

melléklete tartalmazza, míg a városi közcatornába bocsátott előtisztított technológiai szennyvizek minőségére vonatkozó kibocsátási határértékek a 3/1 mellékletben találhatók.

5.2.1 DMHU – Székesfehérvári autóiipari beszállító vállalat környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel

A vizsgálatot az első esettanulmány **5.1.1 fejezet**ében leírtakkal azonos módon végeztem. A vizsgálat a DMHU termelő üzem környezetbefolyásolását elemezte. A környezeti elemek/komponensek – elfolyóvíz (P); levegőminőség (A) – meghatározását követően az egyes környezeti elemek/komponensek környezeti paramétereire vonatkozó határértékek segítségével meghatároztam a környezetminőségi osztályokat. A közcatornába bebocsátott előkezelt szennyvíz esetében vizsgált környezeti paraméterek adatai a **65. táblázat**ban és a **66. táblázat**ban találhatók. A pH értéktartomány felosztásához egy egyéni megoldást alkalmaztam. Mivel az ideális állapothoz viszonyítva pozitív és negatív tartományban is eltérhet a pH érték, ezért bevezettem az ϵ értéket, mellyel a semleges pH (7) értékétől való eltérést fejeztem ki. Tartományokra bontottam az eltérés mértékét, negatív ϵ -nal a savas kémhatás, pozitív ϵ -nal a lúgos kémhatás tartományait jelöltem [120].

65. táblázat: A környezetminőségi osztályokba történő besorolás az elfolyóvíz környezeti komponens környezeti paramétereire I.

Környezetminőségi osztály	Környezetminőségi kategóriák	Vízminőségi paraméterek						
		1	2	3	4	5	6	7
		KOI _k (mg/l)	pH (ϵ)	Σ S _ó (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Σ Fe (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	SZOE (mg/l)
1	Határértéket erősen túllépő	5000	-6;+7	7500	500	75	1200	400
2		3000	-4;+6	6000	400	50	900	250
3	Határértéket meghaladó	2000	-3;+5	4500	300	35	750	125
4		1500	-2;+4	3500	200	25	600	110
5	Határérték közeli	1100	-1;+3	3000	150	18	500	75
6		1000	-0,5;+3	2500	120	15	400	50
7		600	-1;+2	1250	60	8	200	25
8	Megfelelő	300	-0,5;+2	600	30	4	100	12
9		150	-0,5;+1	300	15	2	50	6
10	Jó	100	0	150	5	0,5	25	3
Környezetminőségi osztály jegy[J_{Pi}]		8	9	7	10	10	8	10

66. táblázat: A környezetminőségi osztályokba történő besorolás az elfolyóvíz környezeti komponens környezeti paramétereire II.

Környezetminőségi osztály	Környezetminőségi kategóriák	Vízminőségi paraméterek (mg/l)							
		8	9	10	11	12	13	14	15
		Σ Cd	Σ Cr	Σ Ni	Σ Pb	Σ Cu	Σ Zn	Σ Sn	Cr ⁶⁺
1	Határértéket erősen túllépő	0,75	1,75	1,75	1,25	4,5	15	6	1
2		0,5	1,5	1,5	1	3	12	4	0,5
3	Határértéket meghaladó	0,25	1,25	1,25	0,75	2,25	9	3	0,25
4		0,1	1	1	0,5	1,8	6	2,5	0,2
5	Határérték közeli	0,085	0,85	0,85	0,4	1,5	4	2,2	0,15
6		0,075	0,75	0,75	0,35	1,25	3,5	2	0,1
7		0,035	0,35	0,35	0,15	0,7	1,5	1	0,05
8	Megfelelő	0,015	0,15	0,15	0,07	0,3	1	0,75	0,03
9		0,007	0,07	0,07	0,03	0,1	0,5	0,35	0,02
10	Jó	0,001	0,01	0,01	0,01	0,05	0,1	0,1	0,01
Környezetminőségi osztály jegy[J_{Pi}]		8	8	9	8	10	10	10	8

A légszennyező anyagok esetében mért környezeti paraméterekre vonatkozó minőségi osztályokba történő besorolásokat a **67. táblázat**, a **68. táblázat** és a **69. táblázat** tartalmazza.

67. táblázat: környezetminőségi osztályokba történő besorolás a légszennyező környezeti komponens környezeti paramétereire I.

Környezetminőségi osztály	Környezetminőségi kategóriák	Levegőminőségi paraméterek (mg/Nm ³)						
		1	2	3	4	5	6	7
		CO	1,2,4-trimetilbenzol	Aceton	Ásványolaj gőzök	Zn	Etanolamin	Etilalkohol
1	Határértéket erősen túllépő	12000	500	1500	600	100	1250	2500
2		10000	400	1200	500	75	900	1500
3	Határértéket meghaladó	9000	300	1000	400	50	700	1000
4		8500	200	800	300	40	600	800
5	Határérték közeli	8000	150	750	250	30	500	700
6		7700	100	700	200	20	450	675
7		7500	50	600	180	10	400	500
8	Megfelelő	7000	10	400	150	1	300	200
9		6000	1	200	100	0,25	100	15
10	Jó	5000	0,1	100	50	0,1	10	1
Környezetminőségi osztály jegy[J_{Ai}]		5	10	10	6	9	10	9

68. táblázat: környezetminőségi osztályokba történő besorolás a légszennyező környezeti komponens környezeti paramétereire II.

Környezetminőségi osztály	Környezetminőségi kategóriák	Levegőminőségi paraméterek (mg/Nm ³)						
		8	9	10	11	12	13	14
		Heptán	Metil-éter / dimetil-éter	Metil-tercier-butiléter	NaNO ₃	NaOH	NaNO ₂	NO _x
1	Határértéket erősen túllépő	1250	750	7500	100	1000	50	100000
2		1000	500	5000	75	750	25	75000
3	Határértéket meghaladó	750	300	4000	50	500	20	50000
4		600	250	3000	25	250	15	40000
5	Határérték közeli	500	200	2000	15	200	10	30000
6		450	150	1650	10	150	5	21650
7		400	100	1000	5	100	1	15000
8	Megfelelő	300	25	250	0,5	50	0,1	7500
9		150	5	50	0,1	5	0,05	2500
10	Jó	10	1	10	0,01	1	0,01	1000
Környezetminőségi osztály jegy[J_{Ai}]		10	8	8	9	9	8	9

69. táblázat: környezetminőségi osztályokba történő besorolás a légszennyező környezeti komponens környezeti paramétereire III.

Környezetminőségi osztály	Környezetminőségi kategóriák	Levegőminőségi paraméterek (mg/Nm ³)							
		15	16	17	18	19	20	21	22
		Paraffin CH-k	Cu	HCl	Szilárd anyag	Trimetil-benzolok	Penta-nolok	SO _x	Oktán
1	Határértéket erősen túllépő	75000	75	300	10000	750	800	500	250
2		50000	50	200	7500	500	600	350	200
3	Határértéket meghaladó	30000	40	150	5000	400	450	200	175
4		22000	30	100	4000	300	300	150	150
5	Határérték közeli	15000	20	80	3000	200	200	100	125
6		9500	15	60	2500	150	150	50	100
7		3500	5	40	1500	100	50	25	75
8	Megfelelő	1000	1	10	1000	50	5	10	50
9		500	0,5	1	500	10	1	1	25
10	Jó	50	0,1	0,1	100	1	0,1	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J_{Ai}]		8	10	10	10	10	10	10	10

A környezetminőségi osztályjegyek meghatározását követően az irodalmi részben ismertetett (1) és (2) egyenlet alapján számoltam a DMHU esetében vizsgált környezeti komponensek környezetminőségi osztályjegyeit, illetve az üzemre vonatkozó komplex környezetállapot indexet (**70. táblázat**).

70. táblázat: A DMHU-ra vonatkozó komplex környezetszennyezési index vizsgálati eredménye

	Elfolyóvíz	Levegő	Környezet
Környezetminőségi osztályjegy [J _i]	8,89	9	–
Komplex környezetállapot index [I _{PG}]	1,272	1,235	1,249
Komplex környezetállapot index [I _{PG}] súlyozás nélkül	–	–	1,253

Értékelés a DMHU környezetbefolyásolásának komplex környezetszennyezési index módszerrel történő vizsgálatáról

Figyelembe véve a DMHU által rendelkezésemre bocsátott mérési adatokat, melyek a komplex környezetszennyezési index módszerrel történő vizsgálat alapjául szolgáltak, a vállalat környezettudatos tevékenységének megfelelő eredményt kaptam. Az $I_{PG} = 1,25$, amit a **3. táblázat** kategóriái szerint értelmezve megállapítottam, hogy a vállalat telephelye, bár ipari terület, azon folyamatos a termelés, így természetesen emberi hatásnak kitett, ugyanakkor a hatás nem jelentős, zavart nem okoz.

Ez az eredmény is bizonyítja, hogy a szervezet hosszú távon meg szeretné őrizni az érdekelt felek (lakosság, beszállítók, alkalmazottak) bizalmát. Hiszen nem csak hirdeti, de meg is valósítja a környezettudatos vállalatirányítást és azonosul a fenntartható fejlődés ideológiájával

5.2.2 DMHU – Székesfehérvári autóipari beszállító vállalat környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel

A vizsgálatot az **5.1.2 fejezet**ben ismertetett módszerrel végeztem. A vizsgálatba vont környezeti elemek körének meghatározását követően fontossági súlyokat rendeltem hozzájuk, melyekből standardizált pontszámokat (SN) és fontossági értékeket (UI) képeztem (**71. táblázat**).

71. táblázat: A DMHU I_M módszerrel történő vizsgálata során meghatározott fontossági súlyokat, standardizált pontszámokat (SN) és fontossági értékeket (UI) az egyes környezeti elemekre

	Fontossági súly	SN	UI
Elfolyóvíz (P)	0,5	0,5	500
Levegő (A)	0,5	0,5	500

72. táblázat: A DMHU környezetállapotának vizsgálatok az elfolyóvíz és levegő környezeti komponensek vonatkozásaiban vizsgált környezeti paraméterek alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatások összefoglaló táblázata

Környezeti paraméter	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Elfolyóvíz környezeti komponens				
pH	6,5-10	7,96	1,256	398,000
	mg/l			
KOI _k	1000	377,92	2,646	188,960
Σ só	2500	1252,73	1,996	250,546
NH ₄ ⁺ -N	120	10,11	11,869	42,125
Σ Fe	15	1,44	10,417	48,000
SO ₄ ²⁻	400	116,82	3,424	146,025
SZOE	50	4,8	10,417	48,000
Σ Cd	0,075	0,02	3,750	133,333
Σ Cr	0,75	0,32	2,344	213,333
Σ Ni	0,75	0,09	8,333	60,000
Σ Pb	0,35	0,09	3,889	128,571
Σ Cu	1,25	0,05	25,000	20,000
Σ Zn	3,5	0,09	38,889	12,857
Σ Sn	2	0,02	100,000	5,000
Cr ⁶⁺	0,3	0,03	10,000	50,000
Levegő környezeti komponens				
	mg/Nm ³			
CO	7700	8262,9	0,932	536,552
1, 2, 4 - trimetil-benzol	150	0,01	15000,000	0,033
Aceton	750	25,7	29,183	17,133
Ásványolaj gőzök	200	238,62	0,838	596,550
Zn	20	0,25	80,000	6,250
Etanol-amin	450	0,91	494,505	1,011
Etil-alkohol	675	15,38	43,888	11,393
Heptán	450	13,21	34,065	14,678
Metil-éter/dimetil-éter	150	31,1	4,823	103,667
Metil-tercier-butiléter	1650	346,02	4,769	104,855
NaNO ₃	10	0,16	62,500	8,000
NaOH	150	6,58	22,796	21,933
NaNO ₂	5	0,13	38,462	13,000
NO _x	21650	3827,7	5,656	88,400
Paraffin-CH-k	9825	2886,33	3,404	146,887
Cu	15	0,03	500,000	1,000
HCl	60	0,18	333,333	1,500
Szilárd anyag	2665	90,72	29,376	17,021
Trimetil-benzolok	150	0,01	15000,000	0,033
Pentanolok	150	0,03	5000,000	0,100
SO _x	50	0,02	2500,000	0,200
Oktán	150	0,01	15000,000	0,033

A **72. táblázat**ban foglaltam össze a DMHU kapcsán az integrált mennyiségi módszerrel végzett környezetállapot értékelés minőségi index értékeit és a környezeti paraméterek által kiváltott határértékeket. E számításokat a **(3)** és **(4) egyenlet**ek alapján végeztem el.

A DMHU környezetállapot-értékelésének utolsó lépéseként a **(5)** és **(7) egyenlet**ekkel meghatároztam az egyes környezeti elemekre vonatkozó összesített környezeti hatás értékeket, majd a környezeti kockázatokat. A kapott értékeket a **73. táblázat** tartalmazza.

73. táblázat: A DMHU integrált mennyiségi módszerrel számolt környezeti hatás (IM) és környezeti kockázat értékei (RM_K)

	IM _{P/A}	RM _{P/A}	IM _K	RM _K
Elfolyóvíz (P)	139,74	60,87	–	–
Levegő (A)	76,83	38,41	–	–
Környezet (K)	–	–	216,57	108,28

Értékelés a DMHU környezetállapot-értékelés integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatáról

A **73. táblázat**ban bemutatott értékek és a **6. táblázat**ban megadott értékelési kategóriák alapján megállapítottam, hogy a vállalat által előidézett környezeti állapot emberi tevékenységnek kitett, de az előírt határértékek betartása mellett. A vállalat által okozott környezeti kockázat minimális, ennek ellenére, mivel a kockázat nem eliminálható, javasolt a környezeti monitoring rendszer működtetése. Amit a vállalat is alkalmaz, hiszen havi rendszerességgel méréseket végeznek az IPPC engedélyükben [117] meghatározott környezeti paraméterek kibocsátási határértékek betartásának felügyelete érdekében.

5.2.3 DMHU – Székesfehérvári autóiipari beszállító vállalat környezetállapotának vizsgálata a Battelle módszerrel

A DMHU Battelle módszerrel történő környezetállapot-értékelését a **5.1.3 fejezet**ben részletezett módon végeztem el. A környezetminőségi skálaértékek meghatározásához kidolgozott értékösszefüggéseket a **11.5 melléklet** tartalmazza. A DMHU tekintetében a szakmai, környezeti és ökológiai szempontokat szem előtt tartva mindkét vizsgált környezeti elemet/komponenst, illetve a vonatkozásukban mért minden környezeti paramétert egyforma fontosságúnak tekintettem, így minden környezeti paraméterhez azonos paraméterfontossági egységet rendeltem $PFE = 2,703$.

74. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek és környezeti hatásegységek az elfolyóvíz környezeti komponens vonatkozásában a DMHU Battelle módszerrel történő vizsgálata esetén

Paraméter	KM	KHE	Paraméter	KM	KHE
KOI _k	0,802	2,166	Σ Cr	0,993	2,683
pH	0,763	2,062	Σ Ni	0,993	2,683
Σ só	0,724	1,958	Σ Pb	1,000	2,702
NH ₄ ⁺ -N	0,928	2,507	Σ Cu	0,972	2,627
Σ Fe	0,924	2,497	Σ Zn	0,960	2,596
SO ₄ ²⁻ t	0,808	2,185	Σ Sn	1,000	2,703
SZOE	0,874	2,362	Cr ⁶⁺	0,938	2,535
Σ Cd	0,969	2,618			

75. táblázat: A környezetminőségi skálaértékek és a környezeti hatásegységek a levegő környezeti elem vonatkozásában a DMHU Battelle módszerrel történő vizsgálata esetén

Paraméter	KM	KHE	Paraméter	KM	KHE
CO	0,461	1,247	NaOH	0,936	2,529
1, 2, 4 - trimetil-benzol	0,913	2,467	NaNO ₂	1,000	2,703
Aceton	0,997	2,695	NO _x	0,891	2,409
Ásványolaj gőzök	0,552	1,492	Paraffin-CH-k	1,000	2,703
Zn	0,855	2,311	Cu	0,864	2,335
Etanol-amin	0,994	2,685	HCl	0,880	2,378
Etil-alkohol	0,937	2,531	Szilárd anyag	0,983	2,657
Heptán	0,988	2,670	Trimetil-benzolok	0,959	2,592
Metil-éter/dimetil-éter	0,830	2,244	Pentanolok	0,850	2,297
Metil-tercier-butiléter	0,812	2,196	SO _x	0,873	2,359
NaNO ₃	0,851	2,300	Oktán	0,984	2,659

A Battelle módszerrel meghatározott, a környezeti paraméterekhez tartozó környezetminőségi skálaértékeket és a környezeti hatásegységeket az elfolyó víz környezeti komponens esetében a **74. táblázat**ban, míg a levegő környezeti elemre a **75. táblázat**ban foglaltam össze.

A környezeti elemenként/komponensenként számolt összesített illetve a teljes környezetre számolt környezeti hatásegységeket a **76. táblázat**ban mutatom be.

76. táblázat: A DMHU Battelle módszerrel történő állapotértékelésének eredményei

Környezeti elem	Elfolyó víz	Levegő	Teljes környezet
KHE _i	36,88	52,46	89,34

Értékelés a DMHU környezetállapot-értékelés Battelle módszerrel történő vizsgálatáról

A **42. táblázat** értékelési skáláját tekintve a DMHU környezetállapotát a Battelle módszer vizsgálva „Természeti/természetes környezet enyhe emberi hatással” kategóriába tartozik, melyet ipari területre értelmezve megállapítottam, hogy a DMHU a Battelle módszer szerint is kis környezetbefolyásolást okoz.

5.2.4 DMHU – Székesfehérvári autóipari beszállító vállalat

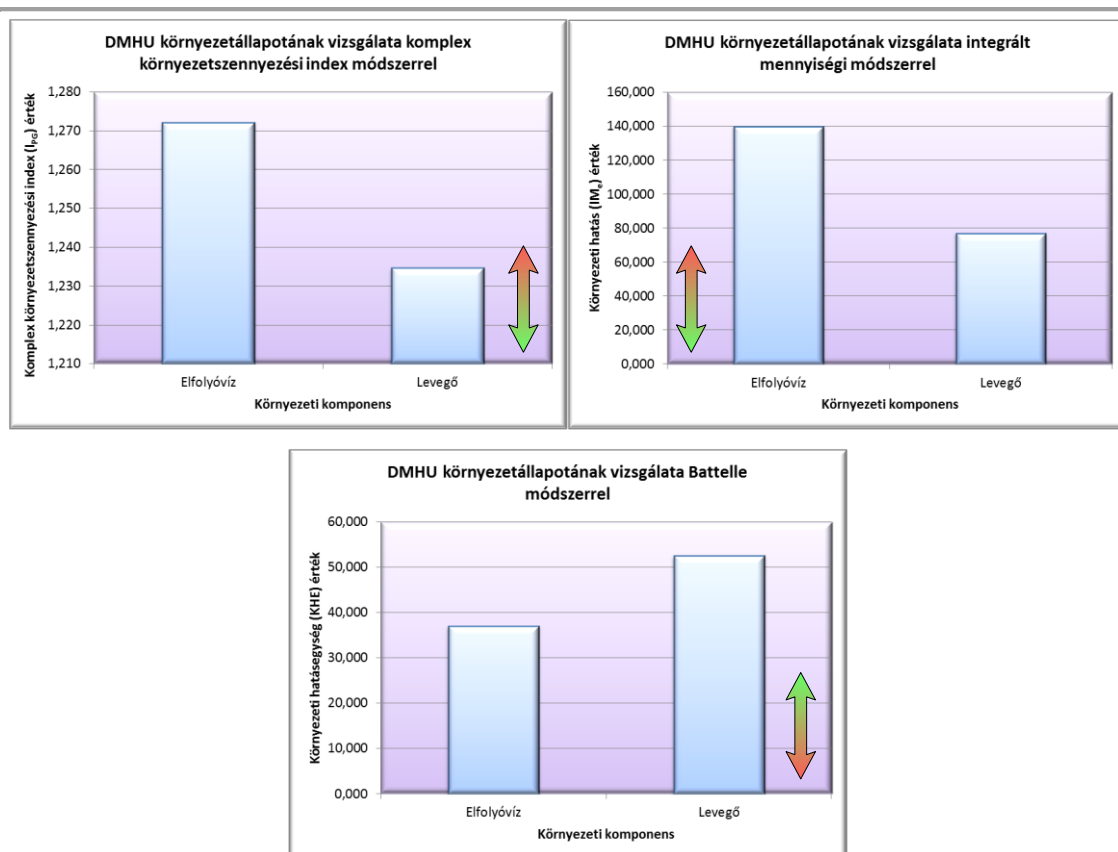
környezetállapotának vizsgálata az TOPSIS-SAW módszerrel

A TOPSIS-SAW módszer kiválóan alkalmas különböző alternatívák különböző kritériumok szerinti összehasonlításra. Jelen esettanulmánynál a DMHU rendelkezéseimre bocsátott adatai alapján, egy időszak (2012. év) részletes adatsora áll ugyan a rendelkezéseimre, azonban ezek alapján nem határozható meg az alaplátra alternatívák, illetve az alaplátra kritériumok köre. Ebből adódóan a számítás elvégzését követően nem nyernék több információ annál, mintha az egyes környezeti paraméterek tekintetében előírt határértéket osztanám a rávonatkozó mért értékkel és a hányadosokat csökkenő sorrendbe rendezném.

5.2.5 Értékelés a DMHU környezetállapotának vizsgálatáról

A DMHU három – komplex környezetszennyező, integrált mennyiségi és Battelle – módszerrel történt környezetállapot-értékelés vizsgálata során, a vállalat környezettudatosságának okán az elvárt eredményeket kaptam. A vállalat jelentős gazdasági és humán erőforrást fordít az egészséges környezet fenntartására. Bár mindhárom esetben terhelt környezetként jellemeztem a telephelyet, a terhelés a környezetben nem okoz zavaró hatást.

A **20. ábra** alapján mindhárom módszerrel az alábbiakban megfogalmazott, azonos eredményre jutottam. Annak érdekében, hogy az eredmények összehasonlíthatók legyenek, a környezetállapot-értékelési vizsgálatot környezeti komponens szinten ábrázoltam. Mindhárom módszerrel azonos eredményre jutottam, nevezetesen a DMHU az egységes környezethasználati engedélyében megadott kibocsátás mértékének betartása mellett, az a közcatornába bocsátott elfolyóvíz tekintetében nagyobb terhelés okoz, mint a levegő környezeti komponens esetében. Mivel ez a megállapítás a diagramokból nem egyértelműen vonható le az alábbiakban indokolom azt:



20. ábra: DMHU környezeti állapotának mennyiségi módszerekkel történő vizsgálataiból származó értékelő diagramok

- ♦ a komplex környezetszennyezési módszer esetében az alacsonyabb komplex környezetállapot index (I_{PG}) érték jobb környezeti állapotra utal, ezért megállapítottam, hogy a módszer alapján a levegő környezeti komponens környezeti állapota a kedvezőbb.
- ♦ Az integrált mennyiségi módszer esetében a kisebb környezeti hatás (I_{MK}) érték esetében jobb a környezeti komponens környezetállapota, így a DMHU vizsgálatának esetében e módszerrel végzett értékelés során megállapítottam, hogy a vállalat által a levegő környezeti komponensre gyakorolt hatása a kedvezőbb.
- ♦ A Battelle módszerrel történt vizsgálatnál a nagyobb környezeti hatásegység (KHE) érték utal a jobb környezetállapotra, mivel a KHE érték 0-1 érték között változhat és egy jelenti a legjobb helyzetet. Így a Battelle módszer alapján is azt a következtetést vontam le, hogy a DMHU emisszióját tekintve a levegő környezeti komponensre gyakorol kisebb hatást.

5.3 III. esettanulmány: Az „ajkai vörösiszap katasztrófa”

környezeti hatásai

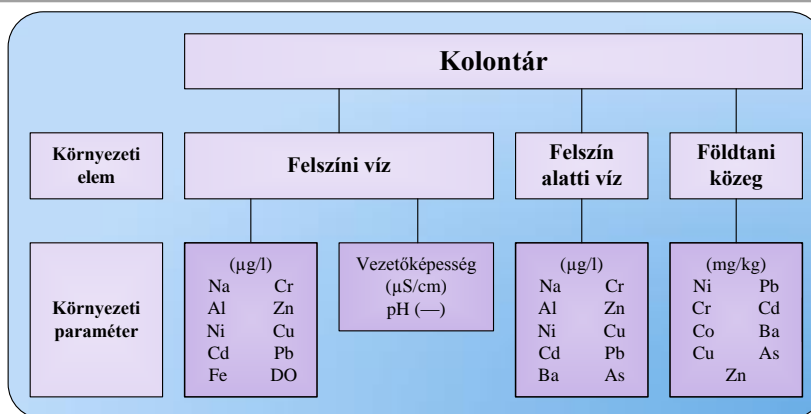
A MAL Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. ajkai X. zagyártározójának gátja 2010. október 4-én 12:30-kor átszakadt. A gátszakadás során kiömlő erősen lúgos (pH~13), mintegy 1.000.000 m³ vörösiszapos zagy ember életeket követelt, családok otthonát tette lakhatatlanná, mintegy 1017 ha területet és felszíni vizet károsított. A kijutott vörösiszap mennyisége 5-10%-os szilárdanyag tartalmat feltételezve 100.000 tonnára becsülhető.

A felmérés során felszíni-, felszín alatti víz és földtani közeg környezeti elemek vizsgálati eredményei kerültek feldolgozásra [106]. Mindhárom környezeti elem esetében a mintavétel helyszíne Kolontár, Kossuth Lajos utca és a vasúti átkelőhely kereszteződése, Torna patak volt – É47°05'17"-K17°28'40" pont 5 méteres környezetében (21. ábra) [111]. A mintavételi pont 1200 méterre helyezkedett el a gátszakadást követő kiömléstől a vörösiszap folyásirányában.



21. ábra: A „vörösiszap katasztrófát” követően vizsgált környezeti paraméterek mintavételi helyszíne

A mintavétel időpontja: 2010. október 5. a katasztrófát követő nap. A mért környezeti paraméterek diagramos összefoglalóját a 22. ábra szemlélteti. A 77. táblázat pedig a környezeti paraméterek mérési eredményeit tartalmazza, melyek az értékelések alapját képezték.



22. ábra: A „vörösizap katasztrófát” követően vizsgált környezeti elemek környezeti paraméterei

77. táblázat: Környezeti paraméterek mérési eredményei (Kolontár, Kossuth Lajos utca és a vasúti átkelőhely kereszteződése, 2010. 10. 05.)

Környezeti elem	Környezeti paraméter	Mennyiség
Felszíni víz	Na (µg/l)	42200
	Al (µg/l)	352
	Ni (µg/l)	40
	Cd (µg/l)	10
	Fe (µg/l)	74
	Cr (µg/l)	10
	Zn (µg/l)	12
	Cu (µg/l)	156
	Pb (µg/l)	64
	DO (µg/l)	10190
	Vezetőképesség (µS/cm)	995
	pH	8,41
Felszín alatti víz	Na (µg/l)	32400
	Al (µg/l)	75800
	Ni (µg/l)	32
	Cd (µg/l)	10
	Ba (µg/l)	22
	Cr (µg/l)	10
	Zn (µg/l)	12
	Cu (µg/l)	180
	Pb (µg/l)	76
As (µg/l)	10	
Földtani közeg	Ni (mg/kg)	205,07
	Cr (mg/kg)	268,14
	Co (mg/kg)	43,81
	Cu (mg/kg)	46,66
	Zn (mg/kg)	118,88
	Pb (mg/kg)	94,56
	Cd (mg/kg)	1,45
	Ba (mg/kg)	48,65
As (mg/kg)	40,34	

A különböző módszerekkel – komplex környezetszennyezési index, integrált mennyiségi, Battelle és TOPSIS-SAW – elvégzett környezetállapot-értékelési vizsgálatok folyamatai megegyeznek Zirc város vonatkozásában elvégzett értékeléssel (5.1 fejezet alfejezetei). Emiatt az egyes alfejezetek kizárólag az eredményeket összefoglaló táblázatokat és következtetéseket tartalmazzák.

Az értékelés során a környezeti paraméterek tekintetében az alábbi rendeleteket vettem figyelembe:

- ♦ Felszíni víz környezeti elemre:
 - 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet [113],
 - 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet [114],
 - 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet [115].
- ♦ Felszín alatti víz környezeti elemre:
 - 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet [121].
- ♦ Földtani közeg környezeti elemre:
 - 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet [121].

5.3.1 Kolontár környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel

A módszer a környezeti elemek/komponensek vizsgált környezeti paramétereire vonatkozó környezetminőségi osztályainak differenciálását, minőségi jegyeinek meghatározását (78-80. táblázat), valamint a végértékeléshez szükséges összefoglaló adatokat (81. táblázat) az alábbi táblázatok tartalmazzák [122].

78. táblázat: Kolontár felszíni víz vizsgálatához tartozó környezeti paraméterek minőségi osztályait és az elemjegyeket összegző táblázat

Minőségi osztály [J _R]*	Felszíni víz minőségi paraméterek											
	(µg/l)										µS/cm	
	Na	Al	Ni	Cd	Fe	Cr	Zn	Cu	Pb	DO	Vez. kép.	pH
1	1000000	2000	200	1	1500	200	750	100	75	1000	10000	-6;+7
2	800000	1500	150	0,8	1000	150	600	80	60	2000	5000	-4;+6
3	600000	1000	100	0,6	800	100	450	60	45	3000	3500	-3;+5
4	450000	600	70	0,4	500	70	300	40	20	4000	2750	-2;+4
5	300000	400	40	0,2	300	40	150	20	10	5000	1500	-1;+3
6	200000	200	20	0,09	200	20	75	10	7,2	6000	1000	-0,5;+2
7	150000	150	15	0,06	100	15	60	8	6	7000	800	-0,5;+1,5
8	100000	100	10	0,04	50	10	40	6	4	8000	500	-0,5;+1
9	50000	40	5	0,02	25	5	20	4	2	9000	250	-0,5;+0,5
10	10000	20	1	0,01	1	1	1	1	1	10000	100	0
J_{Ri}	5	6	5	1	8	8	10	6	2	10	7	7

*Minőségi osztályok:

1-2: Határértéket erősen túllépő

3-4 Határértéket meghaladó

5-6-7: Határérték közeli

8-9: Megfelelő

10: Jó

79. táblázat: Kolontár felszín alatti víz vizsgálatához tartozó környezeti paraméterek minőségi osztályait és az elemjegyeket összegző táblázat

Minőségi osztály [J _G]	Felszín alatti víz minőségi paraméterek									
	(µg/l)									
	Na	Al	Ni	Cd	Ba	Cr	Zn	Cu	Pb	As
1	1000000	2000	200	50	3500	500	1500	1500	75	75
2	800000	1500	150	40	2000	400	1000	1200	50	50
3	600000	1000	100	30	1500	250	600	800	30	30
4	450000	600	70	20	1200	150	400	500	20	20
5	300000	400	40	10	900	80	300	300	15	15
6	200000	200	20	5	700	50	200	200	10	10
7	150000	150	15	2	500	30	150	100	8	8
8	100000	100	10	1	300	20	70	50	5	5
9	50000	40	5	0,5	100	10	35	25	3	3
10	10000	20	1	0,1	10	5	10	1	1	1
J_{Gi}	5	1	6	5	10	9	10	7	1	6

80. táblázat: Kolontár földtani közeg vizsgálatához tartozó környezeti paraméterek minőségi osztályait és az elemjegyeket összegző táblázat

Minőségi osztály [Js]	Földtani közeg minőségi paraméterek								
	(mg/kg)								
	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	Pb	Cd	Ba	As
1	400	400	80	200	1625	500	10	1000	60
2	300	300	70	175	1250	350	6	750	45
3	175	225	60	150	875	250	3,5	500	38
4	120	150	50	125	600	180	2	400	30
5	75	100	40	100	375	120	1,2	300	22
6	40	75	30	75	200	100	1	250	15
7	30	50	20	60	150	80	0,7	175	12
8	20	30	10	40	100	60	0,4	100	8
9	10	15	5	20	50	30	0,2	40	4
10	5	5	1	10	10	15	0,1	10	1
J_{Si}	3	3	5	8	8	7	5	9	3

81. táblázat: Kolontár környezetállapotának komplex környezetszennyezési index módszerrel végzett vizsgálatának eredményei

	Felszíni víz (R)	Felszín alatti víz (G)	Földtani közeg (S)	Summa
Paraméterszám	12	10	9	31
Környezeti elem súlya	0,39	0,32	0,29	
Környezeti elem jegyek	6,25	6	5,67	
Komplex környezetállapot index [I_{PG}]	2,56	2,78	3,11	2,78
Komplex környezetállapot index [I_{PG}] súlyozás nélkül				2,80

Értékelés az „ajkai vörösiszap katasztrófa” környezeti hatásának komplex környezetszennyezési index módszerrel történő vizsgálatáról

A különböző módszerek összehasonlíthatóságának érdekében az egyes környezeti elemekre külön-külön számoltam az I_{PG} értékeket, melyek a **81. táblázat** utolsó sorában találhatóak. A komplex környezetszennyezési index módszerrel történt vizsgálat eredménye alapján megállapítottam, hogy bár a három vizsgált környezeti elem vonatkozásában minimális az eltérés az I_{PG} értékek között ($I_{PGR} = 2,56$, $I_{PGG} = 2,78$, $I_{PGS} = 3,11$), a környezetállapot vizsgálat szempontjából a legrosszabb környezetminőséget a földtani közeg esetében állapítottam meg, a legjobbat pedig a felszíni víznél. Ennek oka, hogy a földtani közegben és a felszín alatti vízben a szennyezés továbbterjedése az áramlási viszonyok miatt hosszú folyamat, ezzel szemben a felszíni víz esetében a gyorsabb áramlási viszonyok miatt a szennyezés továbbterjedése

okán, így a vizsgált ponton, az elemzés időpontjában kisebb volt a szennyezőanyag mennyisége. Az I_{PG} értékek és a **3. táblázat** kategóriái alapján megállapítottam, hogy a vizsgált Kolontári térség környezetállapota az „Emberi tevékenység hatásának kitett környezet zavaró helyzetet okozva” kategóriába tartozott.

5.3.2 Kolontár környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel

A módszer során a környezeti elemek/komponensek esetében analizált környezeti paraméterekre vonatkozó elemmatrixot, standardizált pontszámokat és fontossági értékeket a **82. táblázat** tartalmazza. A **83. táblázat** a minőségi indexeket és a környezeti paraméterek által kiváltott hatást foglalja össze. A **84. táblázat** pedig a környezeti elemekre/komponensekre és a környezet egészére vonatkozó környezeti hatást, illetve a környezeti kockázatot foglalta magába.

82. táblázat: Az elemmatrix értékei, a standardizált pontszámok és a fontossági értékek

	Fontossági értékek	Felszíni víz	Felszín alatti víz	Földtani közeg	SN	UI
Felszíni víz	0,9	1	1,2	1,2	0,375	375
Felszín alatti víz	0,75	0,83	1	1	0,3125	312,5
Földtani közeg	0,75	0,83	1	1	0,3125	312,5

83. táblázat: Kolontár környezetállapotának vizsgálata alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatás összefoglalása

Környezeti paraméter	Határérték	Mért érték	Q_{ip} érték	IM_i érték
Felszíni víz környezeti elem				
pH	9	8,41	1,07	350,42
$\mu\text{S}/\text{cm}$				
Vezetőképesség	900	995	0,90	414,58
$\mu\text{g}/\text{l}$				
Na	200000	42200	4,74	79,13
Al	200	352	0,57	660
Ni	20	40	0,50	750
Cd	0,09	10	0,01	41666,7
Fe	200	74	2,70	138,75
Cr	20	10	2,00	187,5
Zn	75	12	6,25	60
Cu	10	156	0,06	5850
Pb	7,2	64	0,11	3333
Oldott oxigén	7000	10190	0,69	545,89

82. táblázat folytatás: Kolontár környezetállapotának vizsgálata alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatás összefoglalása

Környezeti paraméter	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszín alatti víz környezeti elem				
	µg/l			
Na	200000	324000	0,62	506,25
Al	200	75800	0,00	118437,5
Ni	20	32	0,63	500
Cd	5	10	0,50	625
Ba	700	22	31,82	9,82
Cr	50	10	5,00	62,5
Zn	200	12	16,67	18,75
Cu	200	180	1,11	281,25
Pb	10	76	0,13	2375
As	10	10	1,00	312,5
Földtani közeg környezeti elem				
	mg/kg			
Ni	40	205,07	0,20	1602,11
Cr	75	268,14	0,28	1117,25
Co	30	43,81	0,68	456,35
Cu	75	46,66	1,61	194,42
Zn	200	118,88	1,68	185,75
Pb	100	94,56	1,06	295,5
Cd	1	1,45	0,69	453,13
Ba	250	48,65	5,14	60,81
As	15	40,34	0,37	840,42

84. táblázat: A vizsgálat során megállapított környezeti hatás és környezeti kockázat értékek

Környezeti elem/komponens	IM _i	RM _i
Felszíni víz	4503,02	1688,63
Felszín alatti víz	12312,9	3847,77
Földtani közeg	578,415	180,755
Környezet egészére (átlag)	5798,1	1905,7186

Értékelés az „ajkai vörösiszap katasztrófa” környezeti hatásának integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatáról

A **84. táblázat**ban bemutatott értékek és a **6. táblázat**ban megadott értékelési kategóriák alapján megállapítottam hogy a környezet minősége „Degradált környezet”, még a környezeti kockázat pedig „Magas kockázat, beavatkozás szükséges” kategóriába tartozik. Az integrált mennyiségi módszerrel történő környezetállapot vizsgálat során

megállapítottam, hogy a felszín alatti víz környezetminősége a legrosszabb, a földtani közegé pedig a „legjobb”.

5.3.3 Kolontár környezetállapotának vizsgálata a Battelle módszerrel

A módszer első lépéseként a paraméterfontossági egységeket kell meghatározni. A felszíni víz környezeti elem esetében 12 környezeti paramétert vizsgáltam, a felszín alatti víz esetében 10 környezeti paraméter állt rendelkezésre, még a földtani közeg esetében 9. Így összességében 31 környezeti paraméter alapján végeztem el a vizsgálatot.

Mindhárom környezeti elemet azonos súllyal tekintettem, mert egyaránt fontos szerepet játszanak a környezet egészének tekintetében. A felszíni víz tekintetében, a Torna patak vizének befogadója a Marcalon és Rábán keresztül a Duna folyó, mely nem csak az élővilág és a biodiverzitás megőrzése, de szállítási szempontból is stratégiai fontosságú, mind hazánk, mind alvízi országaink esetében. Emellett rendkívül fontos az ivóvíz kinyerése szempontjából is, hiszen fővárosunk lakosságának ivóvíz bázisa a parti szűrésű kutakon alapszik. A felszín alatti víz és a földtani közeg jó minőségének megőrzése szintén egyaránt fontos az ivóvízbázis megtartása és a mezőgazdasági termőterületek állapota miatt. A térségben nemzetközi hírű borvidék van, mely a nemzetgazdaság szempontjából is jelentős szereppel bír.

Így azonos súllyal tekintve a három környezeti elemet és a mért környezeti paramétereket, a **(38) egyenlet** alapján számoltam a környezeti paraméterek paraméterfontossági egység értékeit.

$$PFE_i = \frac{100}{n} = \frac{100}{31} = 3,23 \quad (38)$$

ahol:

PFE_i – az i. környezeti paraméter paraméterfontossági egysége.

n – a vizsgált környezeti paraméterek száma.

A környezetminőségi skálaérték meghatározásához szükséges diagramok a **11.4 melléklet**ben található. A jelen vizsgálat mért értékei alapján meghatározott környezetminőségi skálaértékeket (KM), a környezeti paraméterekre, a környezeti elemekre és a környezet egészére kiszámított környezeti hatásegységeket (KHE) a **85. táblázat** tartalmazza.

85. táblázat: Környezetminőségi skálaértékek környezeti paraméterenként a környezeti elemekre vonatkoztatva

	Környezeti paraméter	KM	KHE
Felszíni víz	Na	0,915	2,950
	Al	0,497	1,602
	Ni	0,473	1,527
	Cd	0,100	0,323
	Fe	0,777	2,507
	Cr	0,800	2,581
	Zn	0,936	3,018
	Cu	0,100	0,323
	Pb	0,173	0,559
	Oldott oxigén	1,000	3,226
	Vezetőképesség	0,587	1,892
	pH	0,729	2,352
	Σ		22,859
Felszín alatti víz	Na	0,478	1,541
	Al	0,100	0,323
	Ni	0,513	1,655
	Cd	0,500	1,613
	Ba	0,963	3,106
	Cr	0,900	2,903
	Zn	0,968	3,123
	Cu	0,610	1,968
	Pb	0,100	0,323
	As	0,600	1,936
	Σ		18,490
	Földtani közeg	Ni	0,273
Cr		0,249	0,802
Co		0,472	1,521
Cu		0,759	2,449
Zn		0,760	2,451
Pb		0,629	2,029
Cd		0,495	1,596
Ba		0,900	2,902
As		0,245	0,791
Σ			15,422
ΣΣ		56,771	

Értékelés az „ajkai vörösiszap katasztrófa” környezeti hatásának Battelle módszerrel történő vizsgálatáról

A **85. táblázat** eredménye és a **42. táblázat** értékelési skálája alapján Kolontár térség környezetállapotát a Battelle módszerrel vizsgálva „Fokozott emberi hatás, természeti környezet regenerálódhat” kategóriába soroltam. A Battelle módszerrel vizsgált környezetállapot-értékelés során a felszíni víz környezeti elemre vonatkozóan állapítottam meg a legnagyobb környezeti hatásegységet, így ennek a környezeti elemnek a legjobb a környezeti állapota, még a földtani közeg esetében határoztam meg a

legkisebb környezeti hatásegységet, ezáltal megállapítottam, hogy a földtani közeg környezetállapota a legrosszabb.

5.3.4 Kolontár környezetállapotának vizsgálata a TOPSIS-SAW módszerrel

A TOPSIS-SAW módszer alapvetően különböző alternatívák különböző kritériumok szerinti összehasonlítására alkalmas. Kolontár vizsgált területe esetén három környezeti elem, környezeti paramétereit alapján végeztem környezetállapot értékeléseket. Mivel jelen esetben egy adatsor állt rendelkezésemre, így az **5.2.4 fejezet**ben leírt indokok alapján jelen esettanulmánynál nem állt módomban elvégezni a vizsgálatot a TOPSIS-SAW módszerrel.

5.3.5 Értékelés az „ajkai vörösiszap katasztrófa” környezetállapot vizsgálatáról

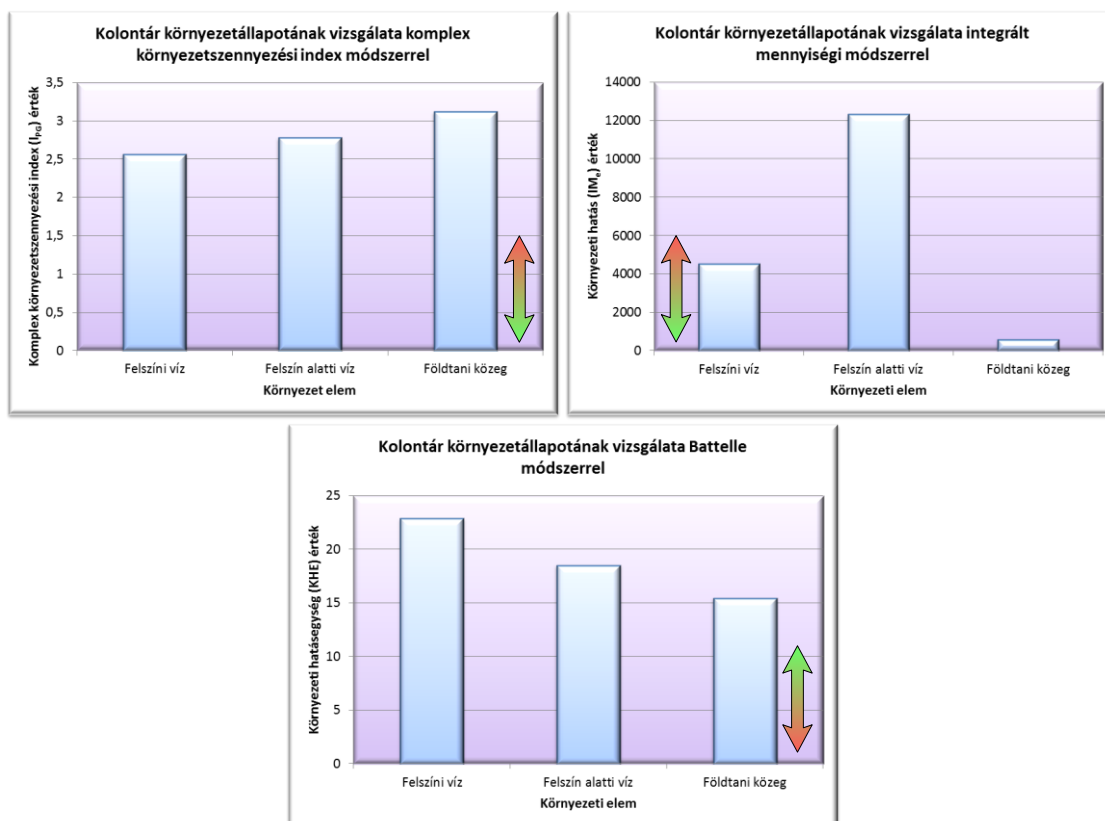
Az alábbi ábrán mutattam be Kolontár környezetállapotának vizsgálatából származó diagramokat (**23. ábra**), sorra a komplex környezetszennyezési index módszerrel, az integrált mennyiségi módszerrel és a Battelle módszerrel kapott eredmények alapján (**23. ábra**).

A mennyiségi módszerek összehasonlíthatósága érdekében újra a környezeti elemekre vonatkozó eredményeket ábrázoltam, így az értékelésnél fontos figyelembe venni, hogy a komplex környezetszennyezési index esetében a kisebb komplex környezetszennyezési index (I_{PG}) érték, az integrált mennyiségi módszer esetében a kisebb környezeti hatás érték (IM) utal a kevésbé szennyezett környezetállapotra. Ezzel szemben a Battelle módszer esetében a nagyobb környezeti hatásegység (KHE) érték jelenti a kevésbé szennyezett környezeti állapotot.

A 23. ábra diagramjaiból leolvasható, hogy amíg az komplex környezetszennyezési index módszer és a Battelle módszerrel végzett vizsgálat eredményei korrelálnak egymással, addig az integrált mennyiségi módszer eredménye eltér azoktól.

Ennek indoka, hogy a komplex környezetszennyezési index módszer környezetminőségi osztályok felállítása alapján végzi az értékelést ehhez hasonlóan a Battelle módszer pedig értékösszefüggéseket állít fel, melyek tartományai megegyeznek az előbbi módszer környezetminőségi osztályainak tartományaival. Ugyanakkor az integrált mennyiségi

módszer az egyetlen a három mennyiségi módszer közül, amely a környezeti paraméterek tekintetében számol a mért érték és a határérték arányával. Az előbbi két módszer ezt nem veszi figyelembe.



23. ábra: Kolontár környezeti állapotának mennyiségi módszerekkel történő vizsgálataiból származó értékelő diagramok

5.4 IV. esettanulmány: Balaton környezetállapotának vizsgálata

A Balaton Magyarország és Közép-Európa legnagyobb tava, felülete 594 km². Szélessége változó, 1,3-14 km között ingadozik, átlagosan 7,8 km. A Balaton átlagos mélysége 3 m, néhol a 13 m-t is eléri. A Balaton vízminősége, illetve környezetállapota stratégiai fontosságú hazánk számára. Hiszen mind természetvédelmi, esztétikai, rekreációs és gazdasági szempontból is igen jelentős szereppel bír. Pontosan ez az oka annak, hogy az elmúlt évtizedekben jelentős gazdasági erőforrás ráfordítás történt a vízminőség jó állapotának eléréséhez és szinten tartásához. Bár a Balaton élővilága kevésbé divergens, mint a Kis-Balatoné, ugyanakkor így is számos hal- és madárfaj számára biztosít élőhelyet. Turisztikai szempontból igen közkedvelt térség nem csak a hazai, de a külföldi pihenni vágyók számára egyaránt. Ugyan az elmúlt években némi visszaesés mutatkozott a tó látogatottsága szempontjából, ami gazdasági szempontból ugyan kedvezőtlen, de a környezetállapot változását tekintve ez kifejezetten előnyös hatásokkal járt. A turisztika mellett a természetvédelem és a halászat is jelentős munkahely teremtéssel jár a környéken élőknek.

A Balaton környezetállapotának vizsgálatához a Környezetvédelmi Minisztérium 2001-ben kiadott „Vizeink minősége” című kiadványának Balaton fejezetéből származó adatokat használtam fel [107]. A tó műhold felvétele, illetve a mintavételi helyszíneket a **24. ábra** mutatja be. Ezen adatok összefoglaló táblázata a **86. táblázat**ban található. Határértékek tekintetében a 4/2011. (I. 14.) VM rendelet [112], a 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet [113] és a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet [115] a mérvadó.



24. ábra: A Balaton műholdképe, a 10 mintavételi hely megjelölésével

86. táblázat: A Balaton környezetállapotának vizsgálatához felhasznált mérési adatok mintavételi helyei, illetve a mért környezeti paraméterek

Mintavételi hely sorszáma	Mintavételi hely	Környezeti paraméterek				
		pH	DO (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	SO ₄ ²⁻ (µg/l)
1	Zala torkolata	8,39	8000	11100	639	67800
2	Keszthelyi-öböl	8,64	9200	8800	609	109700
3	Balatongyörök	8,62	10500	8600	609	114500
4	Szigligeti tóközép	8,66	9500	8100	609	116900
5	Szigligeti-öböl	8,62	10100	8300	612	118200
6	Révfülöp	8,63	10000	8100	611	119200
7	Balatonakali	8,64	9600	6700	610	122200
8	Balatonfüredi-öböl	8,61	10000	6500	631	131200
9	Siófok	8,65	9500	5800	629	130200
10	Fűzfői-öböl	8,64	10000	6000	632	134700

A 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól szóló jogszabály 5. számú mellékletének a természetes állóvizek típusbesorolása értelmében a Balaton a 16. sorhoz tartozik, miszerint: „meszes – nagy területű – közepes mélységű – nyílt vízfelületű – állandó”. E kategóriába kizárólag a Balaton sorolandó [114].

5.4.1 Balaton környezetállapotának vizsgálata a komplex környezetszennyezési index módszerrel

A felszíni víz tekintetben mért környezeti paraméterekre vonatkozó – **5.1.1 fejezet**ben ismertetett módszer által meghatározott – környezetminőségi osztályainak differenciálását és a minőségi jegyeinek meghatározását a **87. táblázat** tartalmazza. E táblázat kizárólag az 1. mintavételi pontra (Zala torkolat) vonatkozó értékeket tartalmazza, a 2-10 mintavételi pontokra vonatkozó adatokat a **11.7 melléklet**ben foglaltam össze. Az értékeléshez szükséges összefoglaló adatok a **88. táblázat**ban találhatóak.

87. táblázat: A Balaton komplex környezetszennyezési index módszerrel történő értékelésének 1. mintavételi ponthoz tartozó adatokból kapott eredmények

Felszíni víz minőségi paraméterek (1; Zala torkolat)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		9	8	8	8	10
Környezetminőségi osztályjegy: 8,6				I _{PG} érték: 1,3521		

88. táblázat: Az komplex környezetszennyezési index értékelés során számolt környezetminőségi osztályjegyek és I_{PG} értékek összefoglaló táblázata

Mintavételi hely sorszám	Mintavételi hely	Elemjegy	I _{PG}
1	Zala torkolata	8,6	1,35
2	Keszthelyi-öböl	8,8	1,29
3	Balatonyörök	8	1,56
4	Szigligeti tóközép	8,6	1,35
5	Szigligeti-öböl	8,2	1,49
6	Révfülp	8,4	1,42
7	Balatonakali	8,4	1,42
8	Balatonfüredi-öböl	8,2	1,49
9	Siófok	8,4	1,42
10	Fűzfői-öböl	8,2	1,49

Értékelés a Balaton környezeti hatásának komplex környezetszennyezési index módszerrel történő vizsgálatáról

A komplex környezetszennyezési index mennyiségi módszerrel elvégzett vizsgálat során kapott I_{PG} értékek (88. táblázat) alapján megállapítottam, hogy a Balaton vízminősége nyugat-keleti irányban, azaz a Zala torkolattól (1. mintavételi pont) a Fűzfői-öböl (10. mintavételi pont) felé romlik. A legrosszabb eredményt a 3. mintavételi pontban (Balatonyörök) számoltam.

Ez az eredmény ellentmond a környezetvédelemért felelős minisztérium által évenként a „Balaton vízkészlet-gazdálkodása, vízminőség-ellenőrzése” témában kibocsátott kiadványában szereplő vízminőségi eredményeknek [123]. A minisztériumi kiadvány a Balaton medencéjét négy medencére osztva (Keszthelyi – Szigligeti – Szemesi – Siófoki), az OECD trofitási kategóriák alapján minősítve ábrázolja [40]. Ennek értelmében 2000-ben a Keszthelyi- és Szigligeti medence eutróf, még a Szemesi- és Siófoki medence mezotróf kategóriába tartozik, azaz a vizsgálataimat képező mérési pontok tekintetében a Balaton áramlási irányában, Zalatorkolattól a Fűzfői-öböl felé haladva a vízminőség javult.

Ennek az ellentmondásnak az okaként megállapítottam, hogy a vizsgálataim során felhasznált környezeti paraméter adatok nem vagy csak kis mértékben befolyásolják a trofitási értékeket. A trofitási kategóriák meghatározásának alapját a foszfát és a klorofil-a értékek képezik, azonban a vizsgálataimhoz nem álltak rendelkezésemre e két környezeti paraméter tekintetében mérési adatok. Így a következtetéseimet a rendelkezésre álló vízkémiai adatok alapján vontam le.

Az I_{PG} érték és a **3. táblázat** kategóriái alapján megállapítottam továbbá, hogy a Balaton környezetállapota a „Megengedett határok mellett, emberi tevékenység hatásának kitett környezet” kategóriába tartozik.

5.4.2 Balaton környezetállapotának vizsgálata az integrált mennyiségi módszerrel

A módszer első lépése a környezeti elemek/komponensek standardizált pontszámainak és fontossági értékeinek meghatározása. Ezen esettanulmányban egy környezeti elemet vizsgáltam, így nem volt szükségesnek az elemmátrix felállítását illetve a normalizálást. Standardizált pontszám: $SN = 1$, fontossági érték $UI = 1000$.

Az 1. mintavételi pontra (Zala torkolat) kiszámított minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatás értékek részletezését a **89. táblázat**ban mutattam be. A 2-10 mintavételi pontokra vonatkozó adatok (környezet egészére vonatkozó környezeti hatást, illetve a környezeti kockázatot) pedig a **90. táblázat**ban találhatók.

89. táblázat: A Balaton környezetállapotának vizsgálata alapján számolt minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott hatást összefoglaló táblázat.

Környezeti paraméter	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték	Σ Q _{ip}	Σ IM
1. Zalatorkolat						
pH	7,8-9,2	8,39	1,097	911,957	622,76	622,76
DO (µg/l)	7500-10500	8000	1,313	761,905		
KOI (µg/l)	7000	11100	2,703	370		
Vezetőképesség (µS/cm)	900	639	1,252	798,75		
SO ₄ ²⁻ (µg/l)	9	67800	3,687	271,2		

90. táblázat: A Balaton teljes felszínére vonatkozó környezeti hatás értékek és a környezeti kockázatok

Mintavételi hely sorszáma	Mintavétel helyszíne	Σ Q _{ip}	Σ IM
1	Zala torkolata	622,762	622,762
2	Keszthelyi-öböl	661,741	661,741
3	Balatongyörök	688,575	688,575
4	Szigligeti tóközép	668,983	668,983
5	Szigligeti-öböl	682,666	682,666
6	Révfülöp	680,195	680,195
7	Balatonakali	665,610	665,610
8	Balatonfüredi-öböl	683,693	683,693
9	Siófok	669,073	669,073
10	Fűzfői-öböl	684,062	684,062

Értékelés a Balaton környezeti hatásának integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatáról

Az integrált mennyiségi módszer szerinti elemzés alapján az **5.4.1 alfejezettel** azonos eredményt számoltam (**90. táblázat**), így itt is megállapítottam, hogy a Balaton „áramlási irányában” Zala torkolattól (1. mintavételi pont) a Fűzfői-öböl (10. mintavételi pont) felé a vizsgált környezeti paraméterek alapján javul a víz minősége. A legrosszabb környezetállapot eredményt ebben az esetben is a 3. mintavételi pontban (Balatongyörök) számoltam.

A **90. táblázat**ban bemutatott értékek és a **6. táblázat**ban megadott értékelési kategóriák alapján megállapítottam hogy a környezet minősége „Emberi tevékenység hatásának kitett környezet, rendellenességeket okozva”, még a környezeti kockázat pedig „Közepes kockázat, nem elfogadható szinten, megelőzési folyamatok szükségesek” kategóriába tartozik.

5.4.3 Balaton környezetállapotának vizsgálata az Battelle módszerrel

A módszer első lépéseket a paraméterfontossági egységeket kellett meghatározni. Mivel jelen esettanulmányban kizárólag a felszíni víz környezeti elem képezi a vizsgálat tárgyát, melynek összesen öt paraméterére terjed ki az értékelés, egyenlő súlyt rendeltem minden egyes környezeti paraméterhez, így $PFE_i = 20$.

A környezetminőségi skálaérték meghatározásához szükséges összefüggések a **11.9 melléklet**ben található. A jelen vizsgálat mért értékei alapján meghatározott környezetminőségi skálaértékeket, a számított környezeti hatásegységeket, illetve a környezeti elem/komponens egészére környezeti hatásegységeket a **91. táblázat** tartalmazza.

91. táblázat: A Balaton környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatakor számolt környezetminőségi skálaértékek és környezeti hatásegységek környezeti paraméterenként az egyes mérési pontokra, valamint az összesített KHE értékek

Minta- vételi hely sor- száma	A környezeti paraméterek adatai										ΣKHE*
	pH		DO		KOI		Vezetőképesség		SO ₄ ²⁻		
	KM	KHE	KM	KHE	KM	KHE	KM	KHE	KM	KHE	
1	1	20,00	0,733	14,66	0,971	19,420	0,681	13,610	0,889	17,770	85,460
2	0,85	17,00	0,957	19,14	0,971	19,420	0,691	13,814	0,816	16,327	85,701
3	0,866	17,32	0,6	12,00	0,827	16,547	0,691	13,814	0,809	16,170	75,851
4	0,85	17,00	0,875	17,50	0,856	17,129	0,691	13,814	0,805	16,092	81,535
5	0,866	17,32	0,7	14,00	0,859	17,180	0,690	13,793	0,803	16,050	78,344
6	0,85	17,00	0,725	14,50	0,865	17,308	0,690	13,800	0,801	16,018	78,626
7	0,85	17,00	0,85	17,00	0,863	17,257	0,690	13,807	0,796	15,922	80,986
8	0,866	17,32	0,725	14,50	0,865	17,308	0,683	13,663	0,782	15,637	78,429
9	0,85	17,00	0,875	17,50	0,883	17,667	0,684	13,677	0,783	15,669	81,512
10	0,85	17,00	0,725	14,50	0,886	17,718	0,683	13,657	0,776	15,528	78,403

* Az adott mintavételi pontra vonatkozó környezeti hatásegység érték

Értékelés a Balaton környezeti hatásának Battelle módszerrel történő vizsgálatáról

A Battelle módszerrel vizsgálva a Balaton vízminőségét megállapítottam, hogy Zala torkolattól (1. mintavételi pont) a Fűzfői-öböl (10. mintavételi pont) felé romlik a víz minősége, mivel a Battelle módszer esetében a magasabb környezeti hatásegység (KHE) érték utal jobb környezetállapot minőségre. A legrosszabb vízminőséget ebben az esetben is a 3. mérési pontnál (Balatongyörök) határoztam meg. A **91. táblázat** eredményei és a **42. táblázat** értékelési skálája alapján a Balaton környezetállapotát a Battelle módszerrel

vizsgálva „Természeti/természetes környezet enyhe emberi hatással” kategóriába soroltam.

5.4.4 Balaton környezetállapotának vizsgálata az TOPSIS-SAW módszerrel

A következő vizsgálatot a TOPSIS-SAW módszerekkel végeztem el az **5.1.4 fejezetben** leírtak szerint.

A Balaton vizsgálatok az alapmátrix felírásának szempontja az volt, hogy összehasonlítást tehessenek az egyes mérési pontok környezeti állapota között. Ezért a mátrix alternatíváknak az egyes mérési pontokat választottam, még a kritériumokat a mért környezeti paraméterek jelentik. Az így felállított mátrixot – mely a TOPSIS és a SAW módszernek egyaránt alapmátrixa – a **92. táblázat** tartalmazza. A Balaton környezetállapotának vizsgálatok alkalmazott korábbi módszerekkel azonos módon – komplex környezetszennyező index, integrált mennyiségi és a Battelle módszer – esetében a mért környezeti paraméterekhez azonos fontossági súlyt rendeltem, ezért ebben az esetben is a megegyező 20-20 fontossági súlyértéket használtam, melyet szintén a **92. táblázat** tartalmaz.

92. táblázat: A Balaton vizsgálatok alkalmazott TOPSIS-SAW módszerek alapmátrixa

Mintavételi pont sorszáma és helyszíne	Környezeti paraméter				
	pH	DO	KOI	Vezetőképesség	SO ₄ ²⁻
	Mértékegység				
	–	µg/l	µg/l	µS/cm	µg/l
1. Zala torkolat	8,39	8000	11100	639	67800
2. Keszthelyi-öböl	8,64	9200	8800	609	109700
3. Balatonyörök	8,62	10500	8600	609	114500
4. Szigliget tóközép	8,66	9500	8100	609	116900
5. Szigligeti-öböl	8,62	10100	8300	612	118200
6. Révfülöp	8,63	10000	8100	611	119200
7. Balatonakali	8,64	9600	6700	610	122200
8. Balatonfüredi-öböl	8,61	10000	6500	631	131200
9. Siófok	8,65	9500	5800	629	130200
10. Fűzfői-öböl	8,64	10000	6000	632	134700
A környezeti paraméter fontossági súlya	20	20	20	20	20

A **93. táblázat** a TOPSIS módszerrel végzett vizsgálat minimalizált és maximalizált mátrixainak végeredményeit (S_i^- , S_i^+ , C_i^*), a mérési pontokra a TOPSIS módszerrel kialakított környezetminőségi rangsort (R_{Ti}), a SAW módszerrel végzett vizsgálattal kapott eredményt (p_i) és környezetminőségi rangsort (R_{Si}), majd a kettő átlagából számított végső környezetminőségi rangsort (R_{TSi}) mutatja be.

93. táblázat: A Balaton TOPSIS-SAW módszerekkel végzett vizsgálatok közbülső értékei, illetve a módszerekkel kialakított környezetminőségi rangsorok

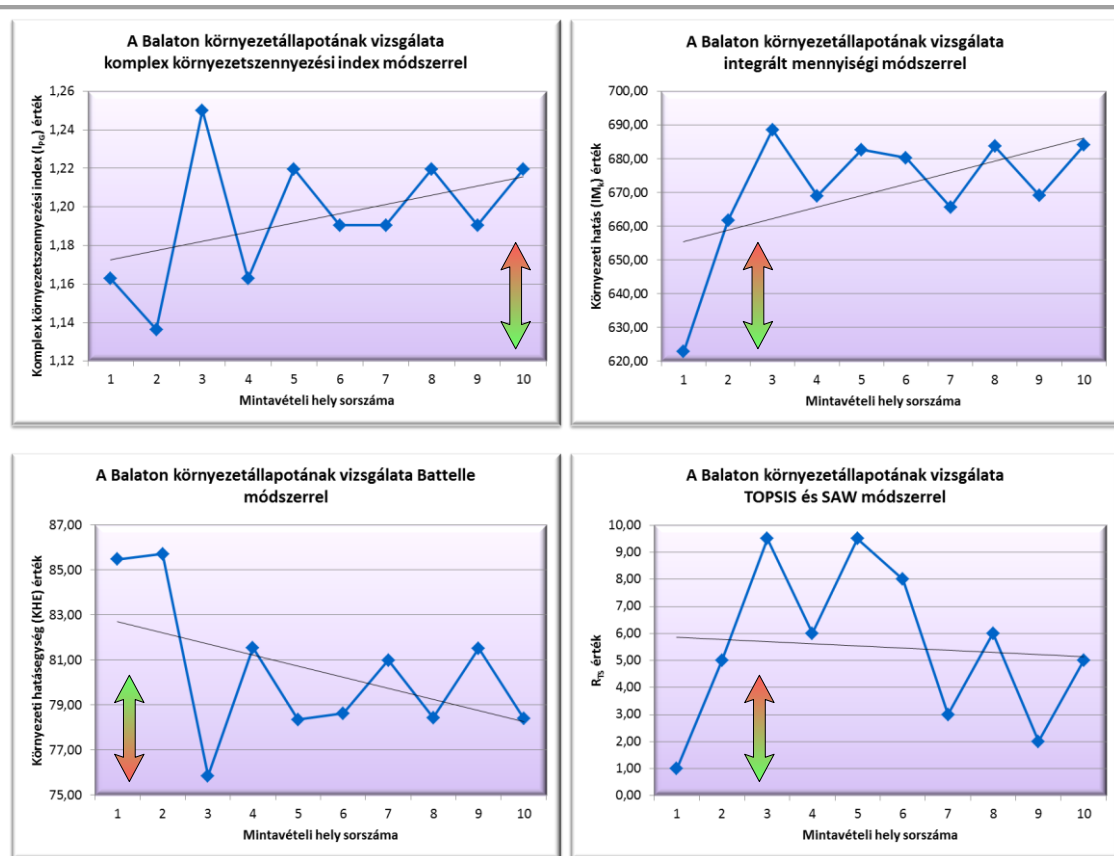
Mérési pont	TOPSIS				SAW		Rangsor
	S_i^-	S_i^+	C_i^*	R_{Ti}	P_i	R_{Si}	R_{TSi}
1. Fűzfői-öböl	3,8371	2,2524	0,6301	4	89,5931	6	5
2. Siófok	3,5016	2,4877	0,5846	2	87,5415	2	2
3. Balatonfüredi-öböl	3,6989	1,8694	0,6643	5	89,8738	7	6
4. Balatonakali	3,1891	1,9082	0,6256	3	87,5480	3	3
5. Révfülp	3,5649	1,0753	0,7683	8	90,3951	8	8
6. Szigligeti-öböl	3,6327	1,0266	0,7797	10	90,8057	9	9,5
7. Szigliget tóközép	3,3616	1,3065	0,7201	7	89,1080	5	6
8. Balatongyörök	3,7358	1,1212	0,7692	9	91,4649	10	9,5
9. Keszthelyi-öböl	3,3778	1,6063	0,6777	6	88,6826	4	5
10. Zala torkolat	4,2292	4,3553	0,4927	1	84,6814	1	1

Értékelés a Balaton környezetállapotának TOPSIS-SAW módszerrel történő vizsgálatáról

A Balaton környezetállapotának TOPSIS-SAW módszerekkel történő vizsgálata során megállapítottam, hogy a 10 mintavételi pont esetében a két környezetminőségi rangsor (R_T és R_S) minimális eltérést mutat. Megállapítottam továbbá, hogy a Balaton áramlási irányát tekintve (Zala torkolattól a Fűzfői-öböl felé) a környezetállapot minősége romlik, illetve a 3. és 5. mérési pontok (Balatongyörök és Szigligeti-öböl) azonos TOPSIS-SAW rangsor értékkel a legrosszabb környezetállapotú mintavételi helyszínek.

5.4.5 Értékelés a Balaton környezetállapotának vizsgálatáról

A Balaton környezetállapotának különböző mennyiségi módszerekkel történő vizsgálatokat követően a **25. ábra** szemlélteti az egyes módszerek értékelését bemutató diagramokat.



25. ábra: A Balaton környezeti állapotának mennyiségi módszerekkel történő vizsgálataiból származó értékelő diagramok

A diagramok alapján a módszereket összehasonlítva az alábbi következtetéseket vontam le:

- ♦ Avízminőség állapotváltozásának trendjét a **25. ábra** görbéire illesztett trendvonalak segítik. A Zala-torkolattól (1. mintavételi pont) a Fűzfői-öböl (10. mintavételi pont) irányába a vízminőség romló tendenciát mutat az első három alkalmazott módszer (komplex környezetszennyezési index módszer, integrált mennyiségi módszer, Battelle módszer) alapján. Bár a vízminőség romlás mértéke nem jelentős, a tendencia mégis megfigyelhető. Mindhárom módszer esetében a 3. mintavételi pont (Balatongyörök) helyszínén állapítottam meg a legrosszabb környezetminőségi állapotot.
- ♦ Bár a TOPSIS-SAW módszer esetében a 3. és az 5. mintavételi ponthoz rendeltem a legnagyobb környezetminőségi rangsort, azaz e két pontnál a legrosszabb a környezetminőség, az ezzel a módszerrel kapott eredmény kevésbé hasonlítható össze az első három mennyiségi módszerrel kapott eredménnyel. Ennek oka, hogy a mennyiségi módszerek környezetminőségi értéket adnak eredményül, még a TOPSIS-SAW módszerrel pedig környezetminőségi rangsor határozható meg.

5.5 Konklúzió a négy esettanulmány alapján a vizsgált mennyiségi módszerek használhatóságáról

A módszereket a négy esettanulmány során összehasonlítva az alábbi következtetésekre jutottam.

A **komplex környezetszennyezési index** (I_{PG} – 5.1.1, 5.2.1, 5.3.1 és 5.4.1 fejezetek) módszer **előnye**:

- ♦ alkalmas különböző alternatívák összehasonlítására,
- ♦ akár egyetlen környezeti elem vizsgálata során is képes értékelhető eredményt adni,
- ♦ könnyen átültethető nemzetközi környezetbe,
- ♦ a módszer könnyen kezelhető,
- ♦ az általa adott végeredmény egyértelműen értelmezhető.

Hátránya azonban:

- ♦ hogy sem környezeti paraméter,
- ♦ sem környezeti elem szinten nem alkalmaz súlyozást,
- ♦ nem veszi figyelembe a jogszabályokban előírt kibocsátási határértékeket,
- ♦ valamint nem alkalmas a jelentős környezeti hatások azonosítására, a környezetminőségi osztályjegyek (J_i) átlagolása miatt, így akár a kiugróan magas szennyezőanyag kibocsátást is elfedheti.

Az **integrált mennyiségi** (I_M – 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2 és 5.4.2 fejezetek) módszer **előnye**:

- ♦ a vizsgált környezeti elemek tekintetében súlyozást alkalmaz,
- ♦ érzékeny a határértékekre,
- ♦ figyelembe veszi a kiugró szennyezőanyag kibocsátást
- ♦ kellőképpen flexibilis ahhoz, hogy további vizsgált környezeti paraméterekkel is kiegészíthető legyen a vizsgálat köre,
- ♦ alkalmas a különböző alternatívák összehasonlítására,
- ♦ egyértelmű végkövetkeztetést szolgáltat.

A módszer **hátránya** azonban, hogy:

- ♦ nem súlyoz környezeti paraméterenként,

- ♦ nem alkalmas egyetlen környezeti elem vizsgálatára,
- ♦ jogszabályi függősége miatt nehezebben alkalmazható nemzetközi környezetben.

A harmadik mennyiségi módszerként vizsgált **Battelle módszer** (5.1.3, 5.2.3, 5.3.3 és 5.4.3 fejezetek) **előnye**, hogy:

- ♦ fontossági súlyozást alkalmaz a környezeti paraméterek esetében,
- ♦ figyelembe veszi a szélsőséges értékeket,
- ♦ technológiai, területi, stb. alternatívák összehasonlítására is alkalmas,
- ♦ független a jogszabályoktól, így
- ♦ nemzetközi környezetben is könnyen alkalmazható.

Hátránya azonban:

- ♦ a környezeti elemenkénti súlyozás hiánya, hogy
- ♦ nincs tekintettel a kibocsátási határértékekre,
- ♦ a paraméterfontossági egység meghatározásának módja opcionális, ezáltal a végeredmény nagy mértékben befolyásolható,
- ♦ nem állnak rendelkezésre értékösszefüggések a környezeti paraméterek tekintetében meghatározandó környezetminőségi skálaértékekhez, emiatt
- ♦ a módszer nehezebben kezelhető.

Végül, a **TOPSIS-SAW** (5.1.4 és 5.4.4 fejezetek) módszer **előnye**, hogy:

- ♦ súlyoz környezeti paraméterenként,
- ♦ figyelembe veszi a szélsőséges szennyezőanyag kibocsátást,
- ♦ akár egyetlen környezeti elem vizsgálatára is alkalmas,
- ♦ nemzetközi környezetben is könnyen alkalmazható.

Hátránya azonban, hogy:

- ♦ kizárólag alternatívák rangsorba állítására alkalmas, környezetállapot-értékelés során azonban nem minden esetben állnak rendelkezésre alternatívák,
- ♦ amennyiben az adott vizsgálat során, új mért környezeti paraméter áll rendelkezésre, a vizsgálat közvetlenül nem bővíthető,
- ♦ a metodika használata meglehetősen bonyolult,

- ♦ a módszer környezetállapot-értékelés szempontjából nem szolgáltat egyértelmű végkövetkeztetést.

A fenti következtetések alapján, ötvözve az irodalomban fellelt mennyiségi módszerek előnyeit, illetve figyelembe véve azok hátrányait, javaslatot teszek egy új mennyiségi módszer alkalmazására, mely megfelel a környezetállapot-értékeléssel szemben támasztott elvárásoknak, melyeket az irodalmi rész **2.2 fejezete** már tartalmazott.

A mennyiségi módszer legyen képes átfogóan lefedni a környezeti hatásokat (társadalmi, gazdasági és akár szociális téren, stb.). Egyértelműen különböztesse meg a pozitív-negatív, reverzibilis-irreverzibilis hosszútávú-rövidtávú, jelentős-jelentéktelen hatásokat. A módszerrel legyenek összehasonlíthatók a különböző alternatívák, a területre vonatkozó hatásokat a határértékek tükrében vizsgálja. Mennyiségi és minőségi információkat is biztosítson, használata legyen könnyű és célszerű, a módszer végkövetkeztetése pedig legyen konzisztens.

6 Informatív környezetminősítő index

Célkitűzésem a mennyiségi módszerek új típusú megközelítése és egy új típusú módszer kidolgozása volt. Ennek megvalósításához elvégeztem a környezetállapot-értékelés különböző – az irodalomban fellelhető – mennyiségi módszerek összehasonlító vizsgálatát. A cél elérése érdekében az **5 fejezet**ben négy az irodalomban publikált környezetállapot-értékelésre alkalmas módszert használtam négy különböző eset vizsgálatára. Az így szerzett tapasztalatok alapján (**5.5 fejezet**) egy új környezetállapot-értékelést szolgáló mennyiségi módszert dolgoztam ki, melyet az informatív környezetminősítő index (továbbiakban: I_{KMI}) módszernek neveztem el. A módszer kidolgozásakor az alábbi szempontokat tartottam fontosnak:

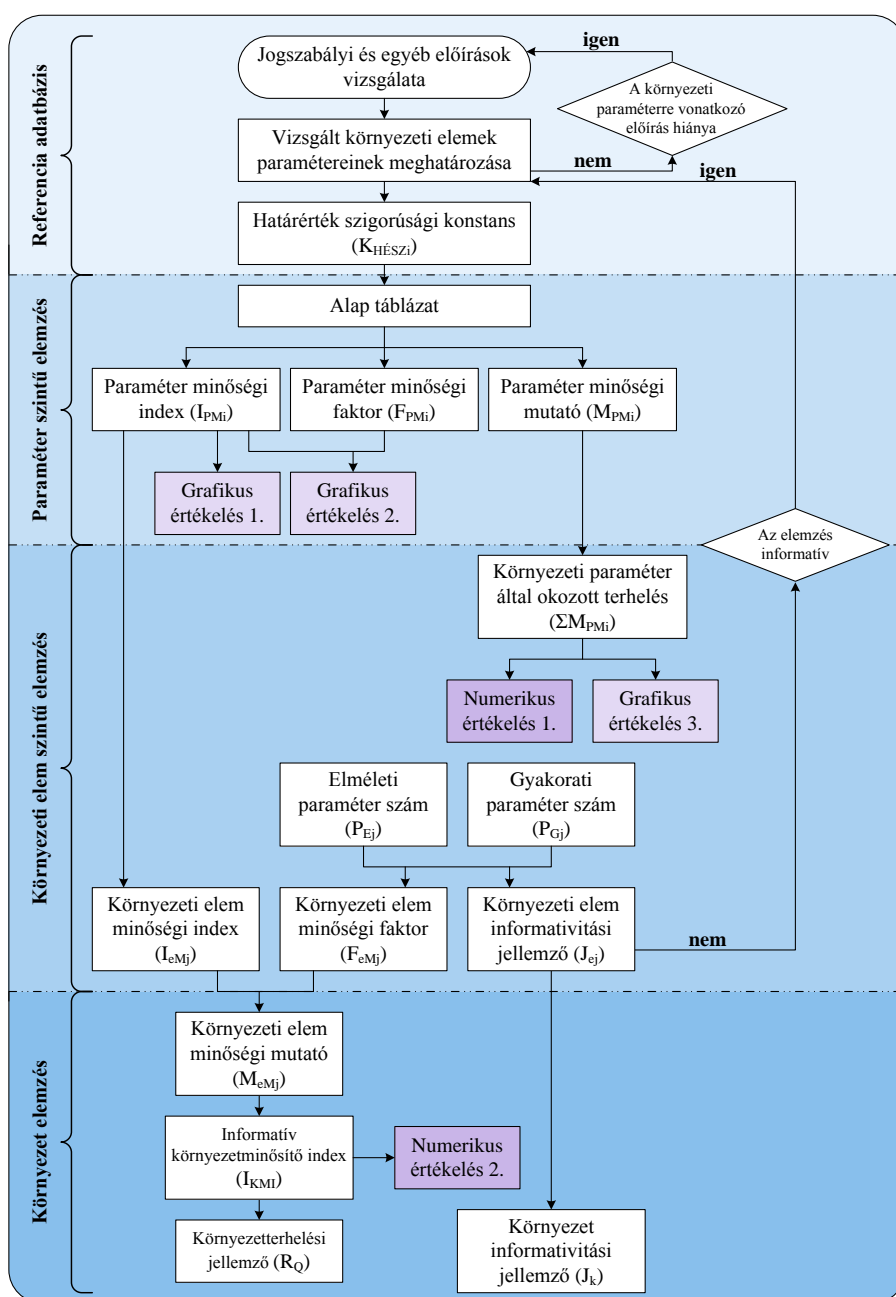
- ♦ A módszer vegye figyelembe, hogy egy-egy környezeti elem/komponens vonatkozásában hány környezeti paraméter kerül bevonásra az értékelésbe.
- ♦ Lehetőség legyen a fontossági súlyozást a környezeti elemek/komponensek és a környezeti paraméterek között is elvégezni.
- ♦ A határérték túllépéseket jelentőségük mértékében vegye figyelembe.
- ♦ Ugyanakkor egy-egy határérték túllépés ne torzítson aránytalanul az értékelés során.
- ♦ A módszer legyen széleskörűen alkalmazható.
- ♦ A módszer legyen alkalmas akár egyetlen környezeti elem/komponens – vagy olyan környezeti elem/komponens melyről viszonylag kevés információval rendelkezünk – értékelésére egyaránt az informativitás jelentős sérülése nélkül [125].
- ♦ Biztosítson lehetőséget – technológiai és telephely – alternatívák összehasonlítására.
- ♦ Adjon információt a környezetminőségben időben és térben bekövetkező változásokra.
- ♦ Legyen könnyen kezelhető.

6.1 Az informatív környezetminősítő index módszer metódusa

A módszer algoritmusát a **26. ábra** mutatja be. A módszer alaplépése egy környezeti referencia adatbázis létrehozása. A lépés során összegyűjtöttem minden vizsgált környezeti elem/komponens vonatkozásában a jogszabályban fellelhető környezeti paraméterek jegyzékét. A jegyzékben felsoroltam minden környezeti paramétert, mely az adott környezeti elem/komponens vonatkozásában jogszabályi előírás szerint értékelni

kell. Ez az adatbázis tartalmazza a paraméterek megnevezését, jogszabályban foglalt határértékét, mértékegységét, a vonatkozó jogszabály számát és időbeli hatályát. Az adatbázis szükség szerint bővíthető akár jogszabályban nem szabályozott környezeti paraméterekkel is, amennyiben meghatározható egy elérni kívánt, számszerűsíthető célérték a környezeti paraméterek tekintetében.

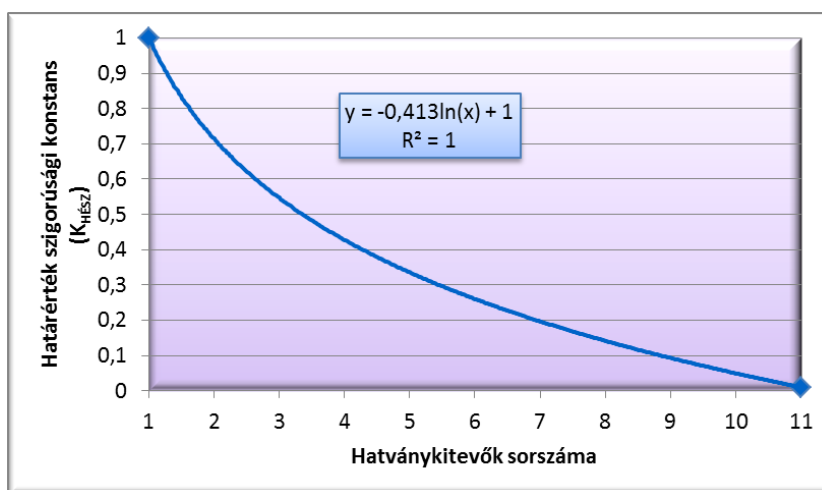
Ez az adatbázis átfogó, ugyanakkor a határérték jogszabályi változása esetén módosulhat. Amennyiben az adatbázis már rendelkezésre áll, nincs szükség egy újabb vizsgálat során annak létrehozására, hacsak nincs jogszabályi változás.



26. ábra: Az informatív környezetminősítő index módszer algoritmus

6.1.1 Környezeti referencia adatbázis meghatározása

A környezeti referencia adatbázis meghatározásának elvét a továbbfejlesztett Battelle módszerrel alapoztam meg, az ott szerzett tapasztalatok alapján definiáltam az algoritmust. Az egyes környezeti elemek/komponensek környezeti paraméterkészletét külön-külön elemeztem, kiválasztva a paraméterkészlet legkisebb és legnagyobb határértékét. A kettő közötti intervallumot értéktartományokra osztottam, a tartományokat a tíz különböző hatványkitevő értékei alapján állapítottam meg, melyeket egy diagram abszcissa tengelyén jelöltem, a minimum értékhez $y = 1$, a maximum értékhez $y = 0$ értéket rendelve. A két végpont közé egy természetes alapú logaritmikus trendvonalat illesztettem, a trendvonal regressziós értéke minden esetben 1,0-t ad eredményül, mivel két pontra történt az illesztés (27. ábra). A trendvonal egyenletének segítségével kiszámoltam az egyes pontokhoz tartozó értékeket, amelyek a módszer határérték szigorúsági (HÉSZ) konstansát (továbbiakban $K_{HÉSZ}$) eredményezték (94. táblázat).



27. ábra: Példa egy 11 pontos értéktartományra illesztett természetes alapú logaritmikus görbére

94. táblázat: Példa a határérték szigorúsági konstans meghatározására

A vizsgált környezeti paraméterek határértékének nagyságrendje	A 27. ábra diagramjának abszcissa értékei	A 10 hatványkitevője	$K_{HÉSZ}$
0,0001	1	-4	1,000
0,001	2	-3	0,687
0,01	3	-2	0,505
0,1	4	-1	0,375
1	5	0	0,274
10	6	1	0,192
100	7	2	0,122
1000	8	3	0,062
10000	9	4	0,010

A $K_{H\acute{E}SZ}$ kidolgozásának célja, az állapotértékelő módszer objektivitásának biztosítása volt. A jogszabályalkotók a környezeti kockázatok csökkentése érdekében többéves tudományos és szakmai tapasztalat alapján határozzák meg egy környezeti paraméter vonatkozásában a maximálisan megengedett kibocsátás mértékét. Amennyiben egy környezeti paraméter nagyobb veszélyt jelent az egészséges környezetre, beleértve az embert is, akkor alacsonyabb határérték kerül megállapításra, ezáltal viszont a $K_{H\acute{E}SZ}$ jelentésének értelmében nagyobb súlyt kap.

Például az Európai Unió elvárások szerinti a Vízkkeret Irányelv értelmében megalkotott jogszabály szerint [115] a természetes folyó- és állóvizek szempontjából további tipizálások szükségesek, esetenként más és más határértékek figyelembevételével, az érintett víztest sérülékenysége alapján.

Emiatt a módszer az adott projekt esetében vizsgálatba vont környezeti elemek/komponensek körének meghatározásával kezdtem.

6.1.2 Környezeti paraméter szintű elemzés

A korábban leírtak szerint meghatározott jegyzékből (**11.10 melléklet**) kiválasztottam a vizsgált környezeti paramétereket (ezek azok a paraméterek, melyekről mérési adat áll rendelkezésre vagy mérni szándékozunk). Majd környezeti elemenként/komponensenként külön táblázatot létrehozva feltüntettem az alábbi adatok (**95. táblázat**):

95. táblázat: Az informatív környezetminősítő index módszer alaptáblázata

Környezeti elem/Mérési pont						
Paraméter (mértékegység)	Mért érték	Határérték	$K_{H\acute{E}SZi}$	I_{PMi}	F_{PMi}	M_{PMi}
VP ₁						
⋮						

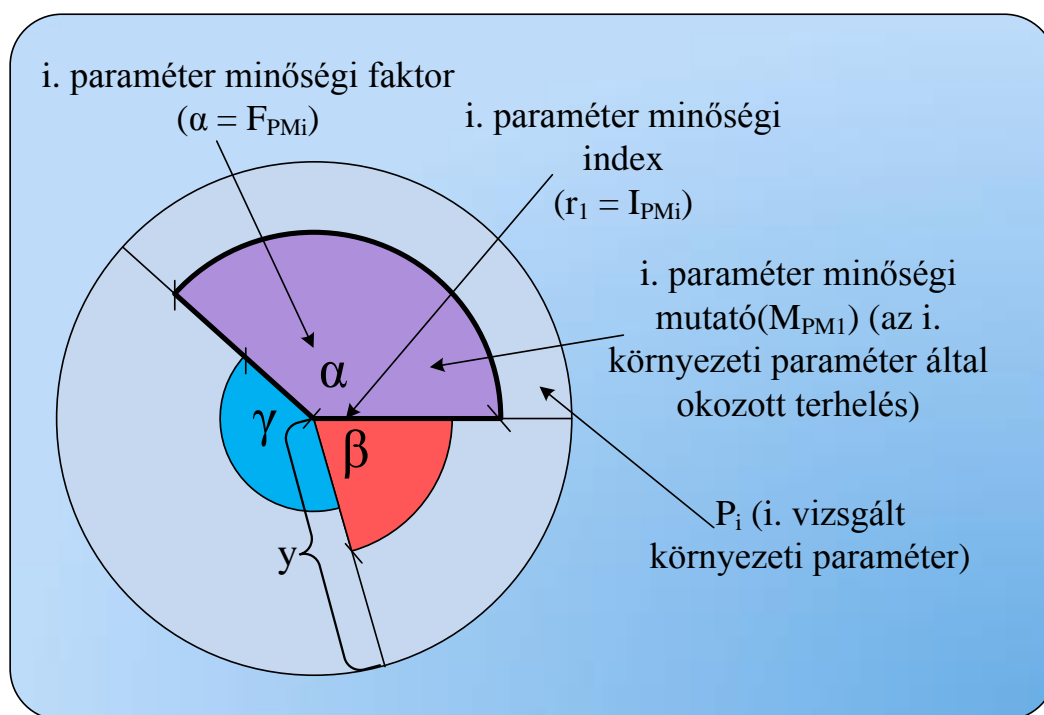
ahol:

- I_{PMi} – környezeti paraméter minőségi index (a körcikk sugara, **28. ábra**).
- F_{PMi} – környezeti paraméter minőségi faktora (a körcikk belső szöge, **28. ábra**).
- M_{PMi} – környezeti paraméter minőségi mutató (a körcikk területe **28. ábra**).

i – az adott környezeti paramétert jelöli a vizsgált környezeti elem/komponens esetében.

A környezeti elem terheltségét/szennyezettségét adott területű (sugarú) körökkel ábrázoltam (**28. ábra**), a vizsgált paramétereket – amelyek a környezeti elemet jellemzik

– a kör egyes cikkeiként értelmeztem. Az F_{PMi} és I_{PMi} értékek viszonyát a **28. ábra** szemlélteti.



28. ábra: A körcikk diagram értelmezése

Az alábbiakban meghatározásra kerül az egyes körcikk sugara és belső szöge. Az adott paraméterre vonatkozó körcikk belső szögértékét (F_{PMi}) a határértékszigorúsági konstansból ($K_{HÉSzi}$) származtattam **(39) egyenlet** alapján, a sugarat (I_{PMi}) pedig a mért érték és a határérték arányából számoltam a **(40) egyenlettel**.

$$F_{PMi} = K_{HÉSzi} \cdot 360 / \sum_{i=1}^n K_{HÉSzi} \quad (39)$$

ahol

F_{PMi} – az i. környezeti paraméter minőségi faktora.

$K_{HÉSzi}$ – az i. környezeti paraméter HÉSZ konstansa **(95. táblázat)**.

i – az adott környezeti paramétert jelöli a vizsgált környezeti elem/komponens esetében.

n – a vizsgált környezeti paraméterek száma az adott környezeti elem/komponens vonatkozásában.

Ha a mért környezeti paraméterre szigorúbb határérték vonatkozik, akkor a F_{PMi} érték nagyobb. Ennek oka, hogy $K_{HÉSzi}$ arányos F_{PMi} értékkel, a szigorúbb jogszabályi határértékből pedig a módszer értelmében nagyobb $K_{HÉSzi}$ érték következik.

$$I_{PMi} = \frac{\acute{E}_{Mi}}{\acute{E}_{Hi}} \cdot 100 \quad (40)$$

ahol:

I_{PMi} – az i-ik környezeti paraméter minőségi indexe (%).

\acute{E}_{Mi} – az i-ik környezeti paraméter mért értéke.

\acute{E}_{Hi} – az i-ik környezeti paraméterre vonatkozó határérték.

Amennyiben $I_{PMi} \rightarrow 0$ akkor az adott környezeti paraméter tekintetében nagyon alacsony a környezetbe kibocsátott mennyiség, azaz alacsony terhelés állapítható meg a környezeti paraméter esetében. Amennyiben azonban $I_{PMi} \rightarrow 100$ akkor az adott környezeti paraméter tekintetében a környezeti terhelés nagy, a szennyezőanyag kibocsátás közelíti a jogszabályban előírt határértéket.

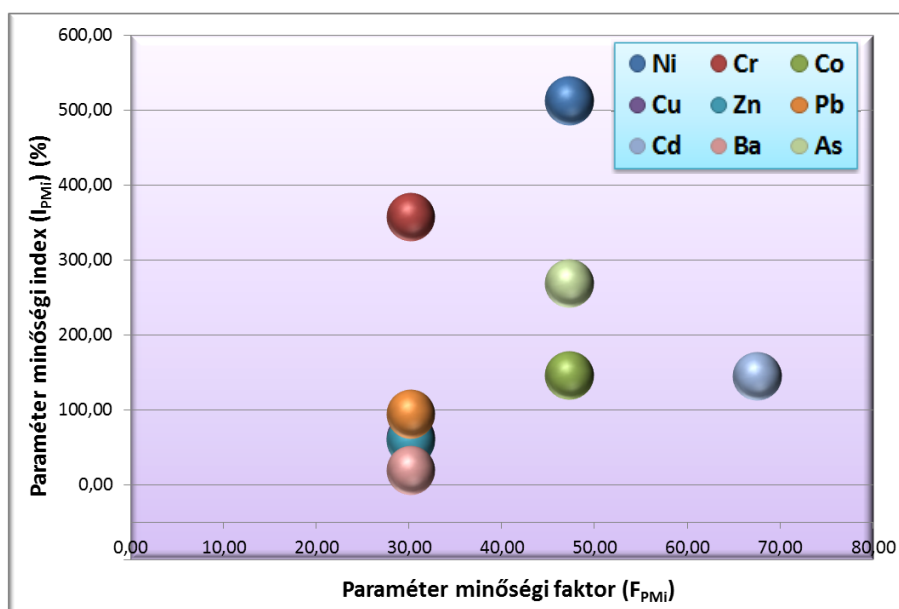
Az $I_{PMi} = 100 = y$ (28. ábra), amennyiben a környezetben a környezeti paraméter koncentrációja ekvivalens a kibocsátási határértékkel.

Számítógépes értékelés

A környezeti paraméterek grafikus összehasonlítása a környezeti paraméterek egymáshoz való viszonya, azok súlya és immissziója alapján (29. ábra) történik. Amennyiben a környezetállapot-értékelés elvégzésekor csupán néhány környezeti paraméter kerül bevonásra a vizsgálatba, már a mérési adatok áttekintésével is levonhatók a következtetések, mint például: hány környezeti paraméter esetében lépi át az előírt határértéket a mért érték. Azonban a vizsgált környezeti paraméterek számosságának növekedésével ez az értékelés egyre összetettebbé válik, ezért az „Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében” illetve az „Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében” (29-30. ábra) diagramok ezt az értékelést hivatottak áttekinthetővé, szemléletesebbé tenni.

Az „Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében” ábra (29. ábra) vízszintes tengelyén a környezeti paraméter minőségi faktor (F_{PMi}) értéke szerepel, a

függőleges tengelyen pedig a hozzájuk tartozó környezeti paraméter minőségi index (I_{PMi}) értékek. A **29. ábra** szemlélteti az egyes környezeti paraméterek környezetben jelen lévő mennyiségét a környezeti paraméter kockázatának, azaz a környezetre gyakorolt ártalom mértékében. A kockázat az informatív környezetminősítő index módszer értelmében a jogszabályban vagy egyéb előírásban meghatározott határérték vagy célérték függvénye.

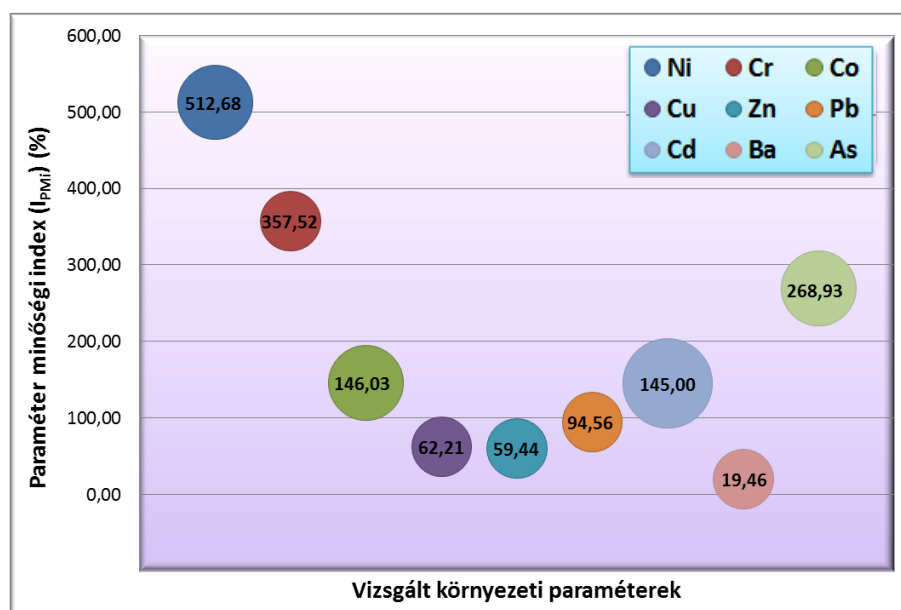


29. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében

- ♦ A ($X_{min.}; Y_{min.}$) pont jelöli a környezeti paraméterek azon halmazát, amelyekre a legkevésbé szigorú a határérték és a legkisebb mértékben vannak jelen a környezetben.
- ♦ A ($X_{max.}; Y_{min.}$) pont jelöli a környezeti paraméterek azon halmazát, amelyekre a legszigorúbb a határérték, de a legkisebb mértékben vannak jelen a környezetben.
- ♦ A ($X_{min.}; Y_{max.}$) pont jelöli a környezeti paraméterek azon halmazát, amelyekre a legkevésbé szigorú a határérték ugyanakkor a legnagyobb mértékben vannak jelen.
- ♦ A ($X_{max.}; Y_{max.}$) pont jelöli a környezeti paraméterek azon halmazát, amelyekre a legszigorúbb a határérték, és a legnagyobb mértékben vannak jelen a környezetben.

Az „Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében” (**30. ábra**) ábra kiegészíti a környezeti paraméter szintű elemzés „Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében” (**29. ábra**) ábrát. A környezeti paramétereket jelképező pontok átfedése miatt rejtve maradt információkat a második diagram (**30. ábra**) felfedheti. Az „Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében” diagram

függőleges tengelyén a paraméter minőségi index (I_{PMi}) érték szerepel, a paraméterek minőségi faktorát (F_{PMi}) pedig a körök átmérője reprezentálja (30. ábra).



30. ábra: Immiszió analízis a környezeti paraméterek függvényében

6.1.3 Környezeti elem szintű értékelés

A környezet elem szintű értékelésének alapját a vizsgált környezeti paraméterek által okozott környezeti terhelés képezi (M_{PMi} – környezeti paraméter minőségi mutató).

A körcikk területének kiszámítására szolgáló egyenletet ($T = r^2 \pi \cdot \alpha / 360$) alkalmazva meghatároztam a környezeti paraméter minőségi mutató (M_{PMi}) értéket a környezeti paraméter minőségi index (I_{PMi}) és a környezeti paraméter minőségi faktor (F_{PMi}) segítségével az alábbi képlet alapján (41) egyenlet):

$$M_{PMi} = (I_{PMi})^2 \cdot \pi \cdot \frac{F_{PMi}}{360} \quad (41)$$

ahol:

M_{PMi} – környezeti paraméter minőségi mutató (a körcikk területe).

A M_{PMi} a grafikus értékelés során a paraméterre vonatkozó körcikk területét jelenti (28. ábra), megmutatva az adott környezeti paraméter környezeti elemre/komponensre gyakorolt hatásának mértékét.

Numerikus értékelés

A környezeti elem szintű numerikus értékeléshez a szükséges viszonyítási adatokat a **96. táblázat** tartalmazza. A környezetminőség értékeléséhez szakmai tapasztalatok és gyakorlati vizsgálatok alapján 10 kategóriát határoztam meg: 10-30-50-70-90-100-110-150-200-300. A **96. táblázat**ban **zöld színnel** jelöltem, az elfogadható környezetminőséget (10, 30, 50 kategóriák), **narancs színnel** a legfeljebb a kibocsátási határérték szintjén szennyezett környezetminőségű kategóriákat (70, 90, 100 kategóriák) és **piros színnel** a határérték felett szennyezett környezetminőségű kategóriákat (110, 150, 200, 300 kategóriák).

A kategóriák eredményezik a viszonyítási sugárértéket, melyből egyszerű körterület számítással ($A_j = R_j^2 \cdot \pi$) kapható a viszonyítási terület (A_j). A viszonyítási területhez kell arányosítani a vizsgált környezeti paraméterek által okozott terhelést, azaz a környezeti paramétereket szemléltető körcikkek együttes területeinek nagyságát (ΣM_{PMi}).

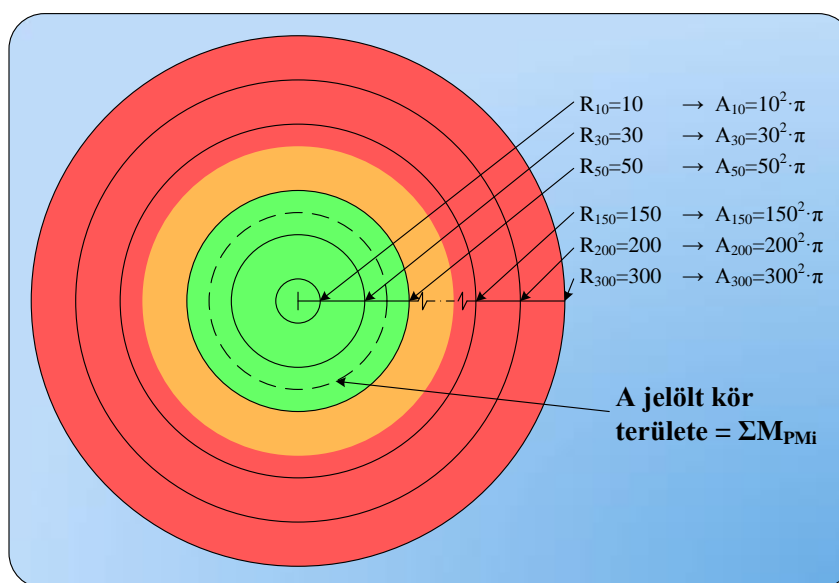
A numerikus értékelés megmutatja, a vizsgált környezeti elem/komponens vonatkozásában mért összesített környezeti paraméterek terheléséből származtatott területet. A környezeti elem/komponens minőségét/szennyezettségét az értékelő táblázat (**96. táblázat**) azon intervalluma adja, amelynél a környezeti paraméterek által okozott terhelés minőségi mutató (ΣM_{PMi}) értéke még kisebb, mint a viszonyítási terület (A_p).

96. táblázat: A vizsgált környezeti elem/komponens értékelését szolgáló elméleti viszonyítási területek

Viszonyítási sugár (R_p)	Viszonyítási terület (A_p)	Szöveges értékelés
300	$300^2 \cdot \pi = 282743$	A környezeti elem oly mértékű károsodása, melyhez a térség természetes társulásai nem képesek alkalmazkodni
200	$200^2 \cdot \pi = 125664$	A természetes regenerációt kizáró, súlyosan károsított környezeti elem
150	$150^2 \cdot \pi = 70686$	A természetes regenerációt gátló, károsított környezeti elem
110	$110^2 \cdot \pi = 38013$	A környezeti elem állapotát leíró paraméterek határértéket meghaladó koncentrációban lévő jelenléte
100	$100^2 \cdot \pi = 31416$	A környezeti elem állapotát leíró paraméterek határértékkel ekvivalens koncentrációban lévő jelenléte
90	$90^2 \cdot \pi = 25447$	A környezeti elem állapotát leíró paraméterek határértékhez közeli koncentrációban lévő jelenléte
70	$70^2 \cdot \pi = 15394$	Határérték alatti antropogén hatással befolyásolt környezeti elem
50	$50^2 \cdot \pi = 7854$	Minimálisan zavart természet közeli környezeti elem
30	$30^2 \cdot \pi = 2827$	Természetes állapotú környezeti elem kimutatható antropogén hatással
10	$10^2 \cdot \pi = 314$	Természetes, antropogén hatástól mentes környezeti elem

Az $R_p = 100$ viszonyítási sugár jelenti azt a környezetállapotot, amikor a környezeti elem/komponens minden vizsgált környezeti paramétere a határérték mennyiségében van jelen a környezetben.

A vizsgált környezeti paraméterek által okozott terhelés minőségi mutatója (ΣM_{PMi}) és a viszonyítási terület (A_p) között fenálló kapcsolatot a **31. ábra** szemlélteti.



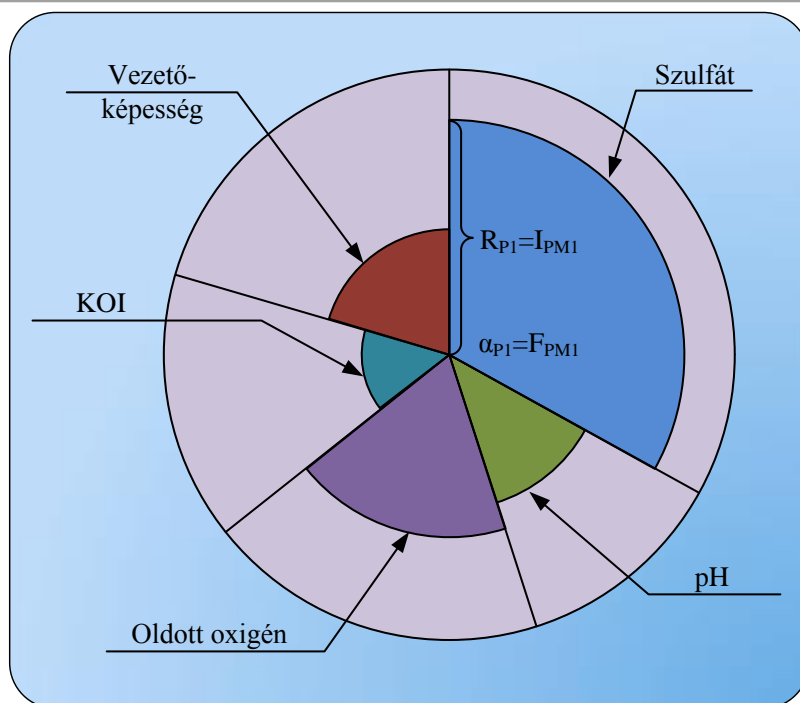
31. ábra: A környezeti elem/komponens minőségi mutatója és a viszonyítási terület közötti kapcsolat

Számítógépes értékelés

A környezeti elem/komponens mennyiségi analízisét szemlélteti a **32. ábra**, melyen az egyes környezeti elemek/komponensek összesített szennyezőanyag terheltségei szerepelnek. Egy-egy körcikk, egy-egy környezeti elemet/komponenst reprezentál. A körcikk belső szöge a **(39) egyenlet** alapján számított F_{PMi} , a körcikk sugara pedig a **(40) egyenlet** alapján számolt I_{PMi} értékek.

Informativitás vizsgálata

Az informativási jellemző (J) érték meghatározására az informatív környezetminősítő index módszer alkalmazása során kétszer kerül sor. Először környezeti elem szinten, majd a környezetállapot-értékelés a környezet egészére vonatkozó vizsgálati szakaszában.



32. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise

A környezeti elem szinten történő informativitási jellemző (J_{ej}) érték meghatározását a környezeti elem esetében vizsgált környezeti paraméterek számossága alapján végeztem. Az informativitási jellemző (J_{ej}) érték érték a **(42) egyenlet** értelmében a vizsgálatba vont környezeti paraméterek számának (P_{Gj}) és az elméletileg vizsgálatba vonható (lásd. referencia környezeti adatbázis **(11.10 melléklet)**) környezeti paraméterek számának (P_{Ej}) hányadosaként számolandó. A környezeti elem/komponens informativitási jellemző értéke tájékoztatást ad a környezeti elem/komponens tekintetében rendelkezésre álló információk mennyiségéről.

$$J_{ej} = \frac{P_{Gj}}{P_{Ej}} \quad (42)$$

ahol:

J_{ej} – a környezeti elem informativitási jellemzője.

Az informativitási jellemző nulla és egy közötti értéket vehet fel. Minél magasabb az értéke, a környezetállapot-értékelési felmérés annál megbízhatóbb illetve széleskörűbb. Az informativitási jellemző (J_{ej}) környezeti elem szinten ad további információt. Megmutatja, hogy a jogszabályi és egyéb előírásokban meghatározott környezeti

paraméterekhez képest hogyan arányul a vizsgált környezeti elem tekintetében mért paraméterek száma.

6.1.4 Környezetelemzés

A környezetállapot-értékelés lefolytatását követően a teljes vizsgált környezet állapotára az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) érték ad információt. Ennek meghatározását azonban megelőzi a környezeti elem minőségi index (I_{eMj}) és a környezeti elem minőségi faktor (F_{eMj}) kiszámítása. A környezeti elem szintű vizsgálathoz hasonlóan a környezet egészének vizsgálatakor is körcikk jelképezik az egyes környezeti elemek/komponensek szennyezőanyag terheltségét. Az adott környezeti elemet/komponenst jelképező körcikk sugarát a környezeti elem minőségi index (I_{eMj}) adja, melyet a **(43) egyenlet** szerint határoztam meg. A környezeti paraméter minőségi index értelmezéséhez hasonlóan, minél nagyobb mértékű a környezeti elem szennyezettsége, annál nagyobb a környezeti elem minőségi index (I_{eMj}) értéke.

$$I_{eMj} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{PMi}}{P_{Gj}} \quad (43)$$

ahol:

- I_{eMj} – a j. környezeti elem/komponens minőségi indexe.
- I_{PMi} – a j. környezeti elem/komponens tekintetében vizsgálatba vont i. környezeti paraméter minőségi indexe.
- P_{Gj} – a j. környezeti elem/komponens tekintetében vizsgálatba vont környezeti paraméterek száma.

A környezeti elemet jelképező körcikk belső szögértékét a környezeti elem minőségi faktora (F_{eMj}) adja meg. E faktor érték meghatározásakor figyelembevettem, hogy a környezeti elem/komponens esetében mennyi környezeti paraméter került bevonásra (P_{Gj}) a vizsgálatba, illetve elméletileg (jogsabályi vagy egyéb előírás szerint – lásd környezeti referencia adatbázis) mennyi környezeti paramétert (P_{Ej}) kellene vizsgálni.

$$F_{eMj} = \frac{P_{Gj} \cdot 360}{P_{Ej}} \quad (44)$$

ahol:

- F_{eMj} – a j. környezeti elem/komponens minőségi faktora.
 P_{Gj} – a j. környezeti elem/komponens tekintetében vizsgálatba vont környezeti paraméterek száma.
 P_{Ej} – a j. környezeti elem/komponens tekintetében elméletileg vizsgálatba vonható környezeti paraméterek száma.

Ezt követően a környezeti elem minőségi index (I_{eMj}) illetve faktor (F_{eMj}) értékekből a **(45) egyenlet** alapján meghatároztam a környezeti elem/komponens minőségi mutató (M_{eMj}) értéket:

$$M_{eMj} = \frac{I_{eMj}^2 \cdot \pi \cdot F_{eMj}}{360} \quad (45)$$

ahol:

- M_{eMj} – a j. környezeti elem/komponens minőségi mutatója.
 I_{eMj} – a j. környezeti elem/komponens minőségi index.
 F_{eMj} – a j. környezeti elem/komponens minőségi faktora.

A környezeti elem/komponens minőségi mutatója a környezeti elem/komponens minőségi faktor (F_{eMj}) értéken keresztül figyelembe veszi a vizsgált környezeti paraméterek számosságát is.

Informativitás vizsgálata

A környezet egészének vonatkozásában történő informativitási jellemző (J_k) érték meghatározása a teljes környezetállapot-értékelés során vizsgált környezeti paraméterek számossága alapján (figyelembe véve minden környezeti elemet) végzendő. A J_k érték a **(46) egyenlet** értelmében a környezet tekintetében vizsgálatba vont környezeti paraméterek számának (P_{Gj}) és az elméletileg vizsgálatba vonható (lásd. referencia környezeti adatbázis **(11.10 melléklet)**) környezeti paraméterek számának (P_{Ej}) hányadosaként számolandó.

$$J_k = \frac{\sum_{j=1}^m P_{Gj}}{\sum_{j=1}^m P_{Ej}} \quad (46)$$

ahol:

- J_k** – környezet informativitási jellemző értéke.
- P_{Gj}** – a környezetállapot-értékelés során vizsgált környezeti elemek tekintetében értékelésbe vont (gyakorlati) környezeti paraméterek száma.
- P_{Ej}** – a környezetállapot-értékelés során vizsgált környezeti elemek tekintetében értékelésbe vonható (elméleti – lásd referencia környezeti adatbázis) környezeti paraméterek száma.

A környezet informativitási jellemző értéke (J_k) megmutatja, hogy a környezet tekintetében, figyelembe véve a vizsgált környezeti elemek/komponensek számbavehető környezeti paramétereit, azok mennyi százaléka került bevonásra a vizsgálatba. A környezetállapot-értékelés annál informatívabb, minél több környezeti paramétről szolgáltat információt, azaz $J_k \rightarrow 1$.

Numerikus értékelés

A környezetállapot-értékelés utolsó lépéseként az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) értéket határoztam meg a **(47) egyenlet** alapján.

$$I_{KMI} = \left(\sum_{j=1}^m M_{eMj} \right) \cdot J_k \quad (47)$$

ahol:

- I_{KMI}** – informatív környezetminősítő index.
- M_{eMj}** – a j. környezeti elem/komponens minőségi mutató.
- J_k** – a környezet informativitási jellemzője.

Az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) érték értelmezésére szolgál a **97. táblázat**. A táblázatban szereplő A_q viszonyítási területet arányosítani kell a környezet egészére vonatkozó informativitási jellemzővel (J_k) és a vizsgálatba vont környezeti elemek/komponensek számával (j) egyaránt (**(48) egyenlet**).

$$A_q = (R_q)^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j \quad (48)$$

ahol:

A_q – viszonyítási terület.

R_q – viszonyítási sugár.

J_k – a környezet informativitási jellemzője.

j – a vizsgálatba vont környezeti elem/komponens száma.

A környezeti állapot minőségét/szennyezettségét az az intervallum adja, amelynél az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) érték még kisebb a viszonyítási terület értékénél.

97. táblázat: Az informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezetállapot értékelés során kapott végeredmény (I_{KMI} érték) értelmezésére szolgáló táblázat

Viszonyítási sugár R_q	Viszonyítási terület A_q	Szöveges értékelés
300	$300^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	Degradált terület, melyhez a térség természetes társulásai nem képesek alkalmazkodni
200	$200^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	A természetes regenerációt kizáró, súlyosan károsított környezet
150	$150^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	A természetes regenerációt gátló, károsított környezet
110	$110^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	A környezetállapotot leíró paraméterek határértéket meghaladó koncentrációban lévő jelenléte
100	$100^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	A környezetállapotot leíró paraméterek határértékkel ekvivalens koncentrációban lévő jelenléte
90	$90^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	A környezetállapotot leíró paraméterek határértékéhez közeli koncentrációban lévő jelenléte
70	$70^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	Határérték alatti antropogén hatással befolyásolt környezetállapot
50	$50^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	Minimálisan zavart természet közeli környezet
30	$30^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	Természetes környezet kimutatható antropogén hatással
10	$10^2 \cdot \pi \cdot J_k \cdot j$	Természetes, antropogén hatástól mentes környezet

Az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) érték a vizsgált környezet állapotáról, igénybevehetőségéről ad tájékoztatást. Új beruházás tervezésekor, nem csak az adott technológia technológiai/kibocsátási határértékeit kell figyelembe venni, hanem a beruházás tervezett helyszínének területi határértékeit és a terheltségét is. Az I_{KMI} érték alapján meghatároztam azt az R_q (környezetterhelési jellemző) értéket **((49) egyenlet)**, mely a vizsgált terület igénybevitelét/terhelését reprezentálja. E terhelési érték alapján eldönthető, hogy a helyszín alternatívára telepíthető-e további környezetterhelő tevékenység.

$$R_Q = \sqrt{\frac{I_{KMI}}{\pi \cdot j \cdot J_k}} \quad (49)$$

Míg az R_Q érték a nevesített kategóriákhoz tartozó viszonyítási sugárértékeket jelenti, addig az R_Q érték pedig egy adott vizsgálat során a környezeti paraméterekre vonatkozó mérési eredmények alapján meghatározott pontos sugár érték, mely a szennyezőanyagok által okozott terhelést reprezentálja.

6.2 Zirc város környezetállapotának vizsgálata informatív környezetminősítő index módszerrel

Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszerrel történő vizsgálatát a **6.1 alfejezet**ekben bemutatotthoz hasonlóan végeztem el. A 2006. év nyár V1-L1 mérési pontján mért eredmények alapján az alábbiakban részleteztem az informatív környezetminősítő index módszer algoritmusát, majd a többi pont esetében már csak az eredményeket közöltem.

Környezeti paraméter szintű elemzés és értékelés a felszíni víz tekintetében

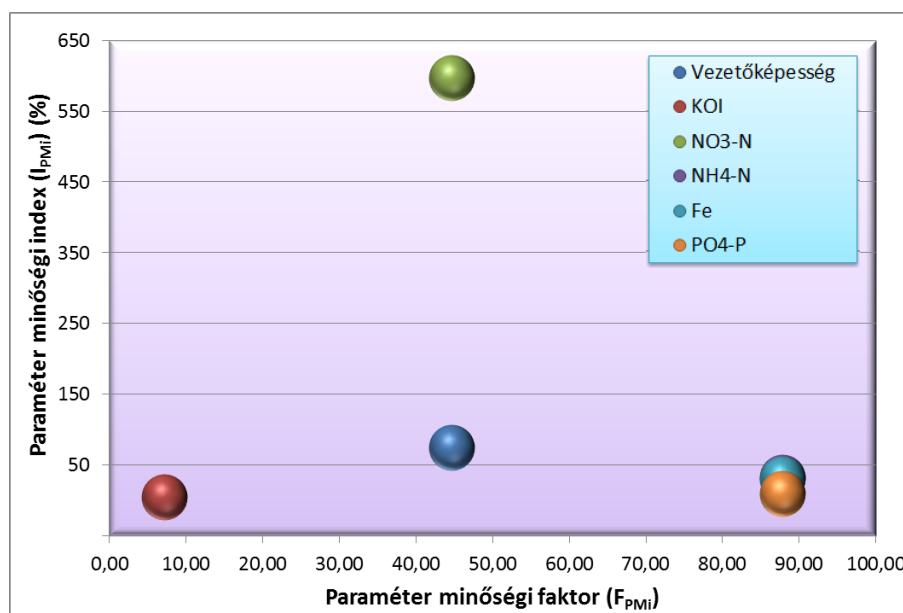
Az informatív környezetminősítő index módszerhez szükséges referencia környezeti adatbázis a **11.10 melléklet**ben található. A **98. táblázat** a 2006. év nyár V1-L1 mérési pontjának felszíni víz esetében mért környezeti paramétereit, a hozzájuk tartozó mért értékeket, azok mértékegységeit és a határértékeket tartalmazza.

98. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei (felszíni víz, 2006. nyár, V1)

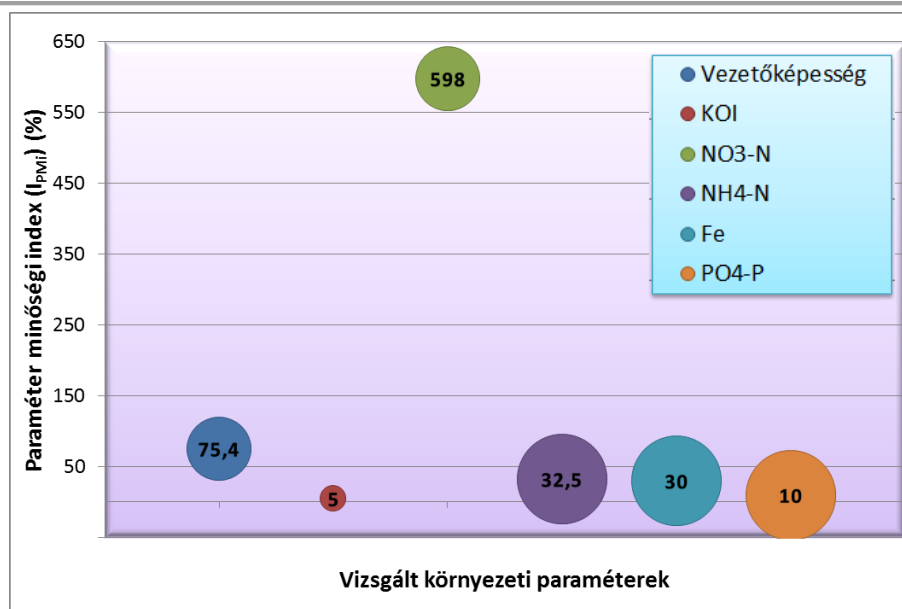
Felszíni víz (2006. nyár; 1. mérési pont)								
Paraméter	Mértékegység	Mért érték	Határérték		$K_{HÉSzi}$	F_{PMi}	I_{PMi}	M_{PMi}
Vezetőképesség	$\mu S/cm$	754	1000		0,062	44,63	75,4	2214,1
KOI	$\mu g/l$	1500	30000		0,010	7,18	5	1,6
NO_3-N	$\mu g/l$	11960	2000		0,062	44,63	598	139268,1
NH_4-N	$\mu g/l$	130	400		0,122	87,86	32,5	809,8
Fe	$\mu g/l$	60	200		0,122	87,86	30	690,0
PO_4-P	$\mu g/l$	20	200		0,122	87,86	10	76,7
Σ érték							750,9	143060,2

A **98. táblázat** tartalmazza továbbá a **11.10 melléklet**ben található adatbázis alapján meghatározott a mért környezeti paraméterekre vonatkozó határérték szigorúsági konstansokat ($K_{HÉSzi}$), az ezekből a **(39) egyenlet**tel számolt paraméter minőségi faktorokat (F_{PMi}), a **(40) egyenlet** alapján számolt paraméter minőségi indexeket (I_{PMi}) és a **(41) egyenlet**tel számított paraméter minőségi mutatókat (M_{PMi}).

A numerikus vizsgálat eredményei alapján elvégeztem a grafikus értékelést. Az „Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében” és a „Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében” (**33. ábra**, **34. ábra**) diagramokból látható, hogy 2006. nyarán a V1 mérési ponton mért nitrát érték kritikusnak tekinthető. A **33. ábra** nyújtotta vizuális tapasztalatot a **34. ábra** számszerű értékkel egészíti ki, mely alapján megállapítottam, hogy a nitrát tekintetében közel 600%-os, azaz hatszoros határérték túllépés történt. Emellett azt is fontosnak tartottam, hogy bár a vas és foszfát tekintetében a kibocsátott mennyiség meg sem közelíti az előírt határértéket (vas 30%, foszfát 10%), azonban a két környezeti paraméter az alacsony jogszabályi határérték miatt érdemel fokozott figyelmet.



33. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében (Zirc, felszíni víz, 2006. nyár, V1)



34. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében (Zirc, felszíni víz, 2006. nyár, V1)

Környezeti elem szintű elemzés és értékelés a felszíni víz tekintetében

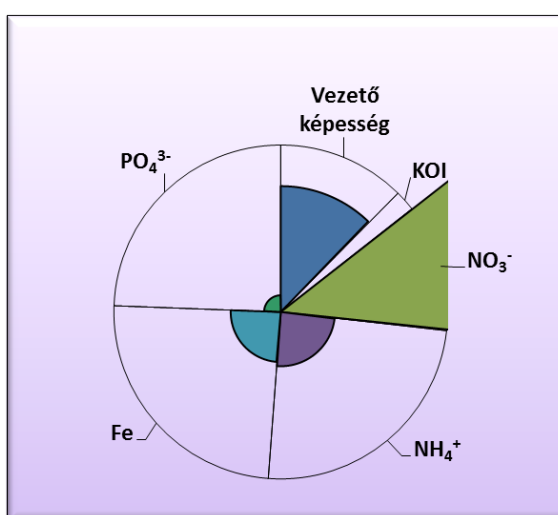
Környezeti elem szintjén történő numerikus értékelés vonatkozási értéke a paraméterek M_{PMi} értékének összegzéséből adódik, melyet a **98. táblázat** tartalmaz. Mint látható annak ellenére, hogy a foszfát és a KOI környezeti paraméterek tekintetében szinte elhanyagolható a kibocsátott mennyiség, a felszíni víz informatív környezetminősítő index módszerrel történő értékelése során a környezeti elem esetében nagy szennyezettségű környezeti állapotot határoztam meg. A viszonyítási kategóriák szerint (lásd. **96. táblázat**) a környezeti elem szennyezettsége folytán a felszíni víz az $R_p = 200$ „A természetes regenerációt kizáró, súlyosan károsított környezeti elem” kategóriába soroltam.

A 2006. nyarán mért környezeti paraméter mennyiségek okán a kategória besorolás elfogadható. Azonban a 2013-ban tapasztalt helyszíni vizsgálatok nem támasztják alá a korábbi eredményt, a környezet látszólagos állapota és a mérési eredmények nem mutatnak azonos képet. Emiatt 2006. nyarán további vizsgálatokra lett volna szükség, mivel azonban ezek nem saját mérési eredmények voltak, erre nem volt módomban. Felvetődik a kérdés, hogy ez az állapot tartós volt-e, illetve milyen hatással volt az adott környezeti elem állapota a teljes környezet ökoszisztémájára.

A felszíni víz környezeti elem vizsgálata során a numerikus értékelést a grafikus értékelés követi. „A környezeti elem mennyiségi analízise” (**35. ábra**) diagram a vizsgált környezeti elemre vonatkozóan ad információt. A diagramon a mért környezeti

paramétereket különböző színű körcikkék jelképezik. Egy-egy körcikk szöge a környezeti paraméterek paraméter minőségi faktor (F_{PMi}) értékeinek egymáshoz való viszonyából adódik, még a körcikk sugara az adott környezeti paraméter paraméter minőségi index (I_{PMi}) értékével azonos. Így mivel a 2006. nyarán a V1 mérési ponton jelentős nitrát határérték túllépés volt mérhető (598%), ezért az adott körcikk sugara túlmutat a 100%-os körterület sugarán. A körcikk sugara abban az esetben 100, amennyiben a vizsgált környezeti paraméter mennyisége a határértékkel azonos mértékű a környezeti elem közegében.

Mivel a foszfát, a vas és az ammónia környezeti paraméterekre azonos nagyságrendű a határérték szigorúsága, így azokat azonos szögű körcikk reprezentálja.



35. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise (Zirc, felszíni víz, 2006. nyár, V1)

A grafikus értékelést a környezeti elem szintű informativitás vizsgálat követi. Ez az érték a **(42) egyenlet**et alkalmazva a felszíni víz esetében $J_{eR} = 6/59 = 0,102$, azaz a felszíni víz környezeti elem tekintetében a környezeti paraméterek csupán 10%-ában áll rendelkezésre mérési eredmény.

A felszíni víz környezeti elem vizsgálatának utolsó lépéseként meghatároztam a környezeti elemre vonatkozó minőségi adatokat, melyeket a **99. táblázat** összesít. A környezeti elem minőségi faktorát (F_{eMR}) a **(44) egyenlet**, a környezeti elem minőségi indexét (I_{eMR}) a **(43) egyenlet**, a környezeti elem minőségi mutatóját (M_{eMR}) a **(45) egyenlet**, a környezeti elem informativitási jellemzőjét (J_{eR}) pedig a **(42) egyenlet** alapján határoztam meg.

99. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának adatai felszíni víz tekintetében (2006. nyár, V1)

P_{ER}	P_{GR}	F_{eMR}	I_{eMR}	M_{eMR}	J_{eR}
59	6	23,48	125,15	3209,04	0,102

A **99. táblázat** tartalmazza továbbá a felszíni víz tekintetében elméletileg vizsgálandó környezeti paraméterek számát (P_{ER}) (a referencia környezeti adatbázis alapján **11.10 melléklet**), valamint az értékelés során ténylegesen vizsgálatba vont környezeti paraméterek számát (P_{GR}).

A környezeti elem minőségi index (I_{eM}) értéke az adott környezeti elem tekintetében vizsgált környezeti paraméterekre vonatkozó paraméter minőségi index (I_{PM}) érték átlagolásával kerül kiszámításra, a környezeti elem minőségi faktora, pedig a vizsgálatba vonható (P_E) és a vizsgálatba vont (P_G) környezeti paraméterek számának figyelembevételével kerül meghatározásra. Így a felszíni víz környezeti elemre számolt elem minőségi mutató értéke $M_{eMR} = 3209,04$.

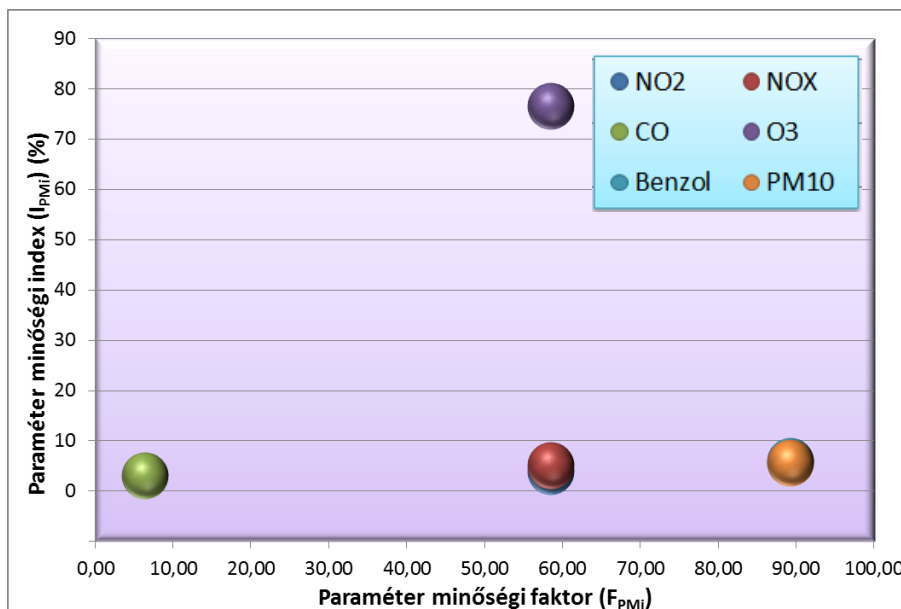
Környezeti paraméter szintű elemzés és értékelés a levegő tekintetében

A felszíni víz környezeti elemhez hasonlóan vizsgálatokat végeztem a levegő környezeti elemre is. A mérési eredmények és az abból számolt adatok a **100. táblázatban** találhatóak.

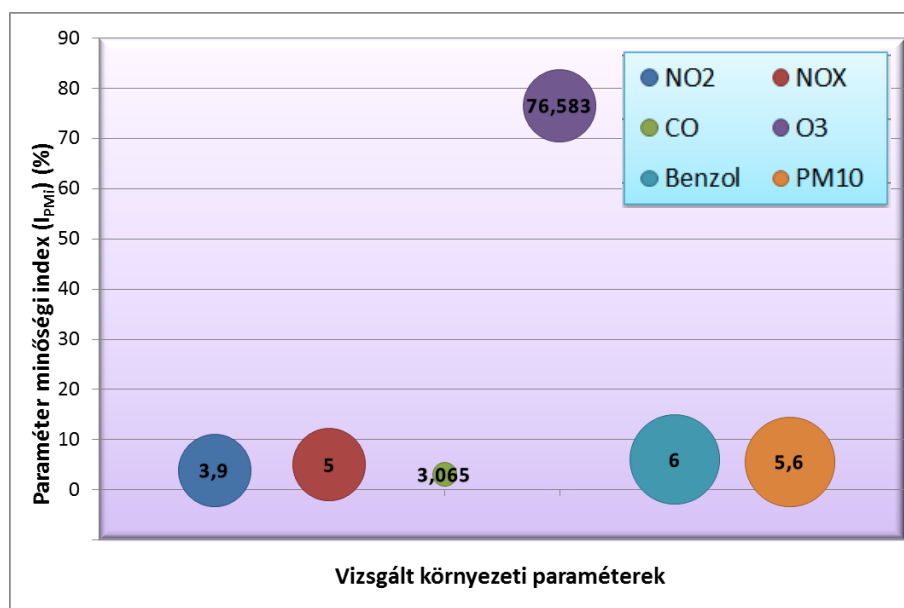
100. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei (levegő, 2006. nyár, L1)

Levegő (2006. nyár; 1. mérési pont)									
Paraméter	Mértékegység	Mért érték	Határérték		$K_{HÉSzi}$	$M_{HÉSzi}$	I_{PMi}	M_{PMi}	
NO ₂	µg/m ³	3,9	100		0,093	58,45	3,9	7,8	
NO _x	µg/m ³	10	200		0,093	58,45	5	12,8	
CO	µg/m ³	306,5	10000		0,010	6,32	3,065	0,5	
O ₃	µg/m ³	91,9	120		0,093	58,45	76,583	2991,5	
Benzol	µg/m ³	0,6	10		0,141	89,17	6	28,0	
PM ₁₀	µg/m ³	2,8	50		0,141	89,17	5,6	24,4	
Σ érték							100,148	3065	

A levegő környezeti elem környezeti paramétereinek vizsgálatakor nem történt határérték túllépés (100. táblázat). A határértéket leginkább megközelítő ózon koncentráció is csak 77%-a volt a megengedett immissziós határértéknek. Az egyéb mért környezeti paraméter mennyisége a légkörben 2006. nyarán az L1 mérési ponton nem érte el a vonatkozó határértékek 10%-át.



36. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében (Zirc, levegő, 2006. nyár, L1)



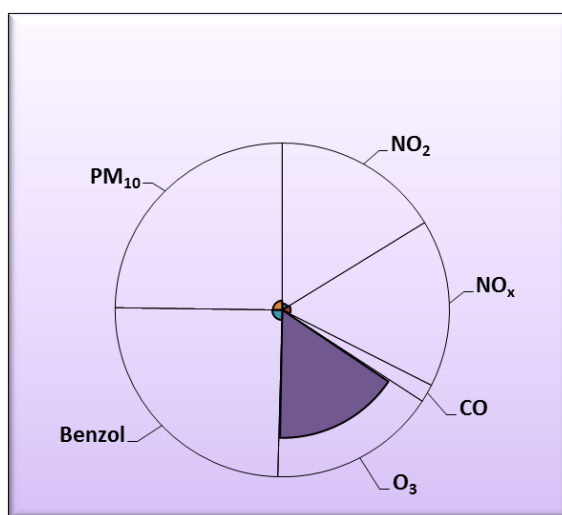
37. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében. (Zirc, levegő, 2006. nyár, L1)

A 36. ábra és a 37. ábra kiválóan szemléltetik, hogy hogyan egészítik ki egymást a grafikus értékelés diagramjai. Az „Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor

függvényében” (36. ábra) diagramon látható, hogy bár határértéket meghaladó mérési eredmény nem született 2006. nyarán az L1 mérési ponton az ózon (magas kibocsátott mennyiség) és a PM_{10} (szigorú határérték miatt) értékek figyelmet érdemelnek. Ami viszont az „Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében” diagramon rejtve marad, az „Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében” (37. ábra) diagramon már látható, hogy a benzolra és a PM_{10} környezeti paraméternek egyaránt nagy az $M_{HÉSzi}$ értéke, mivel a jogszabály szigorú határértékeket ír elő.

Környezeti elem szintű elemzés és értékelés a levegő tekintetében

„A környezeti elem mennyiségi analízise” (38. ábra) láttatja leginkább a környezeti elem szennyezőanyagok általi terheltségét. A 100. táblázatban lévő M_{PMi} mutatót (értéke 3065) a 96. táblázat alapján értékelve megállapítottam hogy a levegő környezeti elem a „Természetes állapotú környezeti elem kimutatható antropogén hatással” kategóriába tartozik.



38. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise
(Zirc, levegő, 2006 nyár, L1)

A felszíni víz környezeti elem vizsgálatának utolsó lépésével azonos módon elvégezve a levegő környezeti elemre vonatkozó számításokat, a 101. táblázatban összefoglalt környezeti elem minőségi eredményeket kaptam. A környezeti elem minőségi faktort (F_{eMA}) a (44) egyenlet, a környezeti elem minőségi indexét (I_{eMA}) a (43) egyenlet, a környezeti elem minőségi mutatóját (M_{eMA}) a (45) egyenlet, a környezeti elem informativitási jellemzőjét (J_{eA}) pedig a (42) egyenlet alapján határoztam meg.

101. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának adatai levegő tekintetében (2006. nyár, L1)

P_{EA}	P_{GA}	F_{eMA}	I_{eMA}	M_{eMA}	J_{eA}
33	6	23,48	16,69	57,08	0,182

Zirc város környezetállapotának vizsgálata során 2006. nyár L1 mérési pont esetében a levegő környezeti elemre számolt környezeti elem minőségi mutató érték $M_{eMA} = 57,08$.

Az elméletileg vizsgálandó környezeti paraméterek számából (P_{EA}) (a referencia környezeti adatbázis alapján **11.10 melléklet**), valamint az értékelés során ténylegesen vizsgálatba vont környezeti paraméterek számából (P_{GA}) meghatározva a levegő környezeti elemre vonatkozó informativitási jellemző értéket, megállapítottam, hogy a $J_{eA} = 0,182$, azaz a levegő környezeti elem tekintetében közel 20%.

Zirc város környezetállapot-értékelése

Zirc város informatív környezetminősítő index módszerrel elvégzett környezetállapot-értékelésének – a 2006 nyári V1-L1 mérési pont mérési eredményei alapján – meghatározott eredményei a **102. táblázat**ban találhatók.

102. táblázat: Zirc város környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának adatai (2006. nyár, V1-L1)

I_{KMI}	J_k	R_Q
3266,12	0,130	63,129

Az informatív környezetminősítő index érték a **(47) egyenlet** alapján, $I_{KMI} = 3266,12$. Az informatív környezetminősítő index értéket értelmezve a **97. táblázat** alapján, megállapítottam, hogy Zirc város környezetállapota a 2006. nyár V1-L1 pont tekintetében „Minimálisan zavart természet közeli környezet” minőségűnek tekinthető.

103. táblázat: Az informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezetállapot értékelés során kapott végeredmény (I_{KMI} érték) értelmezésére szolgáló táblázat

Viszonyítási sugár R_q	Viszonyítási terület A_q	Szöveges értékelés
300	73759	Degradált terület, melyhez a térség természetes társulásai nem képesek alkalmazkodni
200	32782	A természetes regenerációt kizáró, súlyosan károsított környezet
150	18440	A természetes regenerációt gátló, károsított környezet
110	9917	A környezetállapotot leíró paraméterek határértéket meghaladó koncentrációban lévő jelenléte
100	8195	A környezetállapotot leíró paraméterek határértékkel ekvivalens koncentrációban lévő jelenléte
90	6638	A környezetállapotot leíró paraméterek határértékhez közeli koncentrációban lévő jelenléte
70	4016	Határérték alatti antropogén hatással befolyásolt környezetállapot
50	2049	Minimálisan zavart természet közeli környezet
30	738	Természetes környezet kimutatható antropogén hatással
10	82	Természetes, antropogén hatástól mentes környezet

A környezet állapotának vizsgálata kiegészíthető a vizsgálat informativitásának meghatározásával. A környezet egészére vonatkozó informativitási jellemző (J_k) alapján – melyet a **(46) egyenlet** alapján számoltam – megállapítottam, hogy a vizsgálatba vont környezeti paraméterek számossága nem éri el a 15%-ot.

Ezt követően meghatároztam a pontos viszonyítási sugár (R_Q) értéket – a **(49) egyenlet** alapján –, mely a környezet terheltségének/szennyezettségének értékére utal. Jelen vizsgálat esetén megállapítottam, hogy az $R_Q = 63,129$, azaz a vizsgált területen a szennyezőanyag terheltség 63,129% a figyelembe vett környezeti paraméterek tükrében.

Teljes körű vizsgálat eredménye a különböző időpont és mérési helyszín figyelembevételével

A **0 fejezet**ben eddig leírtak alapján elvégeztem minden időpontban és mérési helyszínen mért eredmény alapján a vizsgálatokat. A vizsgálatok eredményeit a **104. táblázat** tartalmazza és a **39. ábra** szemlélteti.

104. táblázat: Zirc város informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának számszerű eredményei

Időpont	Helyszín	ΣM_{PMR}	ΣM_{PMA}	I_{KMI}	R_Q
2006. nyár	V1-L1	143060	3065	3266,12	63,129
	V2-L2	500552	3809	9378,28	106,973
	V3-L3	928852	7084	18886,98	151,808
2013. tél	V1-L1	39417	12791	1480,85	42,508
	V2-L2	60092	3160	1533,81	43,261
	V3-L3	35033	–	1736,12	52,126
2013. nyár	V1-L1	9681	3766	648,88	28,095
	V2-L2	229556	3133	5822,80	84,291
	V3-L3	342311	3310	9501,04	107,671

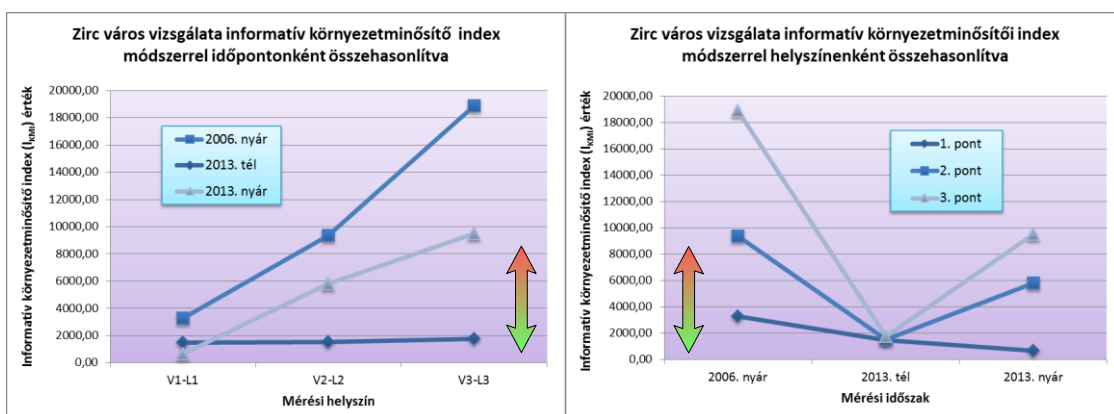
A **104. táblázat** adatai alapján megállapítottam, hogy a felszíni víz és a levegő környezeti elemek környezeti állapota között jelentős az eltérés. A felszíni víz környezeti elem paraméter minőségi mutató (M_{PMR}) értéke szélsőséges adatok között változik ($9681 \leq M_{PMR} \leq 928852$). A legkisebb érték alig több, mint 1%-a a legnagyobb értéknek. Emellett a teljes vizsgálat alatt csupán egyszer (2013. nyár, V1) nem történt határérték túllépés, azaz a vizsgált helyszínek és időpontok tekintetében az esetek 89%-ában határérték túllépést állapítottam meg. Ennek oka a felszíni vízben folyamatosan jelen lévő magas nitrát tartalom.

Ezzel szemben a levegő környezeti elem minősége sokkal kiegyensúlyozottabb. Két kiugró értéktől eltekintve ($M_{PMA2013télL1} = 12791$ és $M_{PMA2006nyárL3} = 7084$) a paraméter minőségi mutató értékét $3065 \leq M_{PMA} \leq 3809$ között állapítottam meg. Az átlagos $M_{PMA(átlag)} = 3373,83$ értéket a **96. táblázat** szerint értelmezve, megállapítottam, hogy Zirc város levegőminősége a „Természetes állapotú környezeti elem kimutatható antropogén hatással” kategóriába tartozik.

Az informatív környezetminősítő index módszerrel történt vizsgálat végeredményét tekintve megállapítottam, hogy az egyes mérési pontok illetve időpontok informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) és a környezet terhelési jellemző (R_Q) értékeket a **103. táblázat** illetve a **(49) egyenlet** alapján értelmezve, hogy a nyári mérések során az esetek 50%-ában a környezet terheltsége meghaladja a megengedett határértéket – $106,973 \leq R_Q \leq 151,808$. A téli időszak esetében azonban a környezet terheltsége $42,508 \leq R_Q \leq 52,126$. A három mérési időszakot (2006. nyár, 2013. tél, 2013. nyár) tekintve megállapítottam, hogy minden esetben a V3-L3 mérési pont vizsgálati eredményei a legkedvezőtlenebbek a környezet állapotát tekintve.

Ugyanakkor azt is megállapítottam, hogy a környezetállapot vizsgálat egészét tekintve a környezet terhelési jellemző (R_Q) érték és természetesen ezzel együtt az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) érték rendkívül szélsőséges értékek között változik – $28,095 \leq R_Q \leq 151,808$, illetve $648,88 \leq I_{KMI} \leq 18886,98$ – így az **103. táblázat** szerint minősítve a mérési pontokat a „Természetes környezet kimutatható antropogén hatással,” kategóriától a „A természetes regenerációt kizáró, súlyosan károsított környezet” kategóriáig mindegyik beazonosítható.

Ezt az értékelést támasztja alá, illetve szemlélteti a **39. ábra** által bemutatott két diagram.



39. ábra: Zirc város vizsgálata informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszerrel időpontként és mérési helyszínenként összehasonlítva

Összehasonlító értékelés Zirc város környezetállapotának mennyiségi módszerekkel történt vizsgálatáról

Zirc város környezetállapotát öt mennyiségi módszerrel (komplex környezetszennyezési index módszer, integrált mennyiségi módszer, Battelle módszer, TOPSIS-SAW módszer, informatív környezetminősítő index módszer) vizsgáltam. A módszerek eredményeit szemléltető diagramok (komplex környezetszennyezési index – **5. ábra**; integrált mennyiségi módszer – **7. ábra**; Battelle módszer – **16. ábra**, **17. ábra**; TOPSIS-SAW módszer – **18. ábra**; informatív környezetminősítő index – **39. ábra**) alapján megállapítottam, hogy a mennyiségi módszerek eredményei azonos tendenciákat mutattak a mérési helyszínek és időpontok esetében meghatározott környezetállapot mutatók alapján. A módszerek esetében nem figyelhető meg jelentős eltérés.

Ugyanakkor megállapítható, hogy a vizsgált mennyiségi módszerek esetében kizárólag az integrált mennyiségi módszer és az informatív környezetminősítő index módszer képes rávilágítani a szélsőséges értékekre, illetve akár a kisebb mértékű határérték túllépésekre is.

6.3 A DMHU vállalat környezetállapotának vizsgálata informatív környezetminősítő index módszerrel

DMHU informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatát szintén a **6.1 fejezet** alfejezeteiben bemutatotthoz hasonlóan végeztem el.

A DMHU környezeti paraméter szintű elemzése és értékelése

Az informatív környezetminősítő index módszerhez szükséges adatbázis a **11.10 melléklet**ben található. A **105. táblázat** a közcsatornába bocsátott elfolyó szennyvíz illetve a levegő környezeti paramétereinek, mért értékeit, azok mértékegységeit és a határértékeket tartalmazza. A **105. táblázat** tartalmazza továbbá a **11.10 melléklet**ben található adatbázis alapján meghatározott a mért környezeti paraméterekre vonatkozó határérték szigorúsági konstansokat ($K_{HÉSzi}$), az ezekből a **(39) egyenlet**tel számolt paraméter minőségi faktorokat (F_{PMi}), a **(40) egyenlet** alapján számolt paraméter minőségi indexeket (I_{PMi}) és a **(41) egyenlet**tel számított paraméter minőségi mutatókat (M_{PMi}).

105. táblázat: DMHU környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei

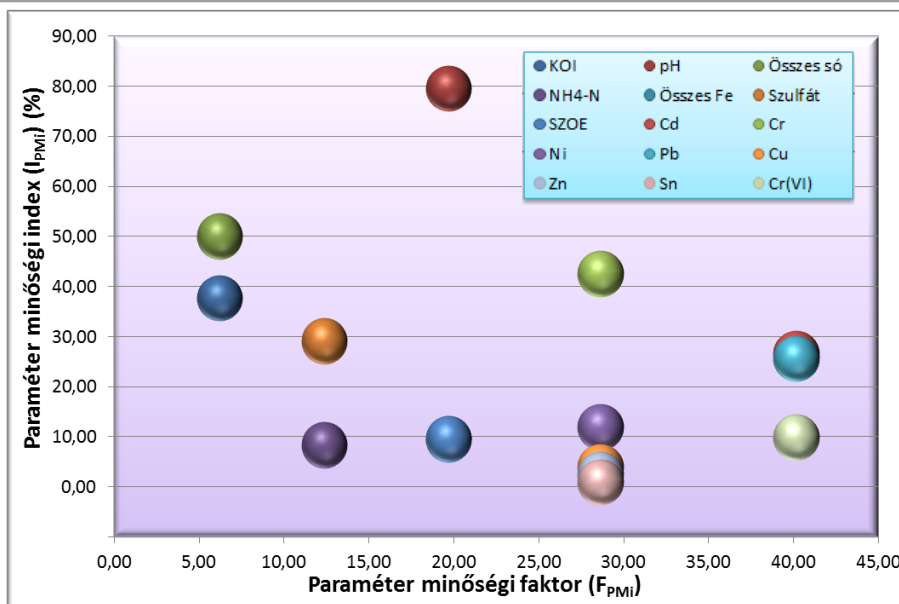
Paraméter	Mérték-egység	Mért érték	Határérték	$K_{HÉSzi}$	F_{PMi}	I_{PMi}	M_{PMi}
Elfolyó szennyvíz							
KOI	mg/l	377,92	1000	0,074	6,21	37,79	77,4
pH		7,96	10	0,234	19,70	79,60	1089,1
Összes oldott só	mg/l	1252,7	2500	0,074	6,21	50,11	136,1
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	10,11	120	0,147	12,39	8,43	7,7
Vas	mg/l	1,44	15	0,234	19,70	9,60	15,8
Szulfát	mg/l	116,82	400	0,147	12,39	29,21	92,2
SZOE	mg/l	4,80	50	0,234	19,70	9,60	15,8
Kadmium	mg/l	0,02	0,075	0,477	40,17	26,67	249,3
Króm	mg/l	0,32	0,75	0,340	28,64	42,67	455,0
Nikkel	mg/l	0,09	0,75	0,340	28,64	12,00	36,0
Ólom	mg/l	0,09	0,35	0,477	40,17	25,71	231,8
Réz	mg/l	0,05	1,25	0,340	28,64	4,00	4,0
Cink	mg/l	0,09	3,5	0,340	28,64	2,57	1,7
Ón	mg/l	0,02	2	0,340	28,64	1,00	0,2
Króm ⁶⁺	mg/l	0,03	0,3	0,477	40,17	10,00	35,1
Σ környezeti komponens						348,95	2447

105. táblázat folytatása: DMHU környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei

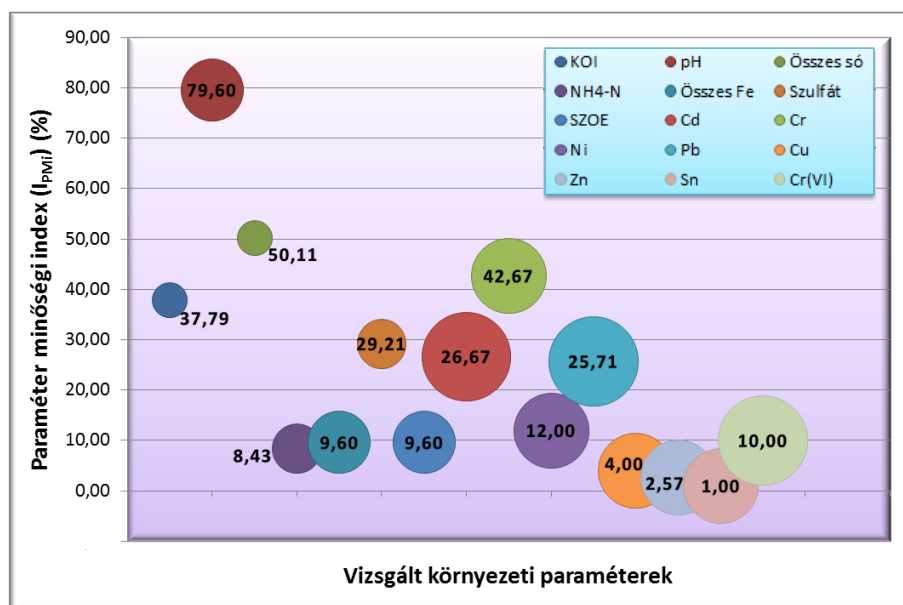
Levegő								
Szén-monoxid	mg/Nm ³	8262,9	7700		0,110	107,31	5,14	516,28
1, 2, 4 - trimetil-benzol	mg/Nm ³	0,01	150		0,392	0,01	18,33	0,00
Aceton	mg/Nm ³	25,7	750		0,233	3,43	10,90	1,12
Ásványolaj gőzök	mg/Nm ³	238,62	200		0,392	119,31	18,33	2277,42
Cink	mg/Nm ³	0,25	20		0,617	1,25	28,81	0,39
Etanol-amin	mg/Nm ³	0,91	450		0,233	0,20	10,90	0,00
Etil-alkohol/etanol	mg/Nm ³	15,38	675		0,110	2,28	5,14	0,23
Heptán	mg/Nm ³	13,21	450		0,233	2,94	10,90	0,82
Metil-éter/dimetil-éter	mg/Nm ³	31,1	150		0,392	20,73	18,33	68,77
Metil-tercier-butiléter	mg/Nm ³	346,02	1650		0,110	20,97	5,14	19,72
Nátrium-nitrát	mg/Nm ³	0,16	10		0,617	1,60	28,81	0,64
Nátrium-hidroxid	mg/Nm ³	6,58	150		0,392	4,39	18,33	3,08
Nátrium-nitrit	mg/Nm ³	0,13	5		0,617	2,60	28,81	1,70
NO _x	mg/Nm ³	3827,7	21650		0,110	17,68	5,14	14,01
Paraffin-CH C9-től	mg/Nm ³	2886,33	9825		0,110	29,38	5,14	38,69
Cu	mg/Nm ³	0,03	15		0,617	0,20	28,81	0,01
HCl	mg/Nm ³	0,18	60		0,392	0,30	18,33	0,01
Szilárd anyag	mg/Nm ³	90,72	2665		0,233	3,40	10,90	1,10
Trimetil-benzolok	mg/Nm ³	0,01	150		0,392	0,01	18,33	0,00
Pentanolok	mg/Nm ³	0,03	150		0,392	0,02	18,33	0,00
Kén-oxidok	mg/Nm ³	0,02	50		0,617	0,04	28,81	0,00
Oktán	mg/Nm ³	0,01	150		0,392	0,01	18,33	0,00
Σ környezeti komponens							338,05	2944,0

A numerikus vizsgálat eredményeit felhasználva és elvégezve a grafikus értékelést, a kapott diagramokat közcsatorna környezeti komponensre a **40. ábra** és a **41. ábra** levegő környezeti elemre a **42. ábra** és a **43. ábra** tartalmazza.

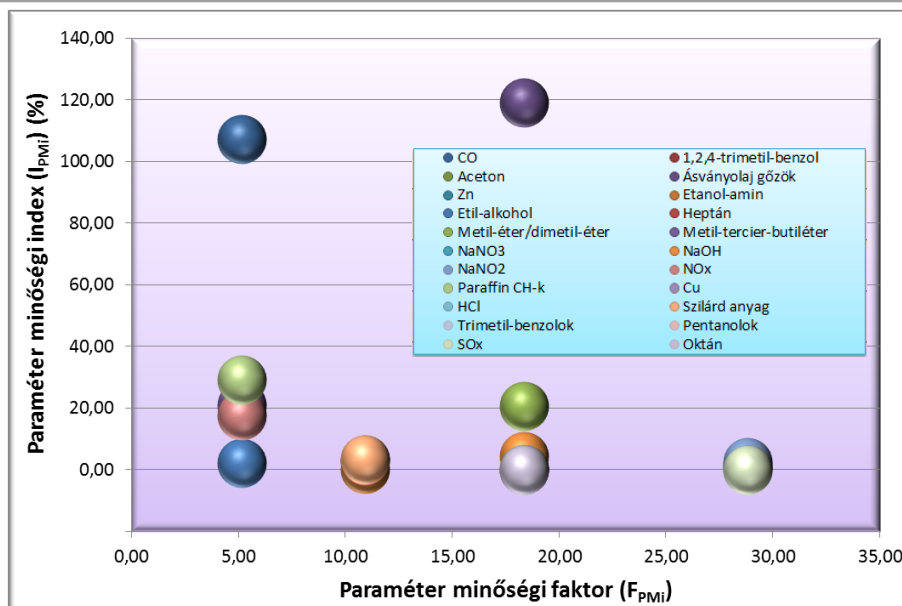
A grafikus értékelés során megállapítottam, hogy a közcsatorna kibocsátás környezeti komponens esetén egyrészt a pH környezeti paraméter a kritikus, ami a kibocsátást tekintve a megengedett határérték közel 80%-át éri el, másrészt a szigorú határérték előírások miatt a kadmium, az ólom és a króm azok a környezeti paraméterek, melyek nagyobb odafigyelést érdemelnek monitoring szempontból.



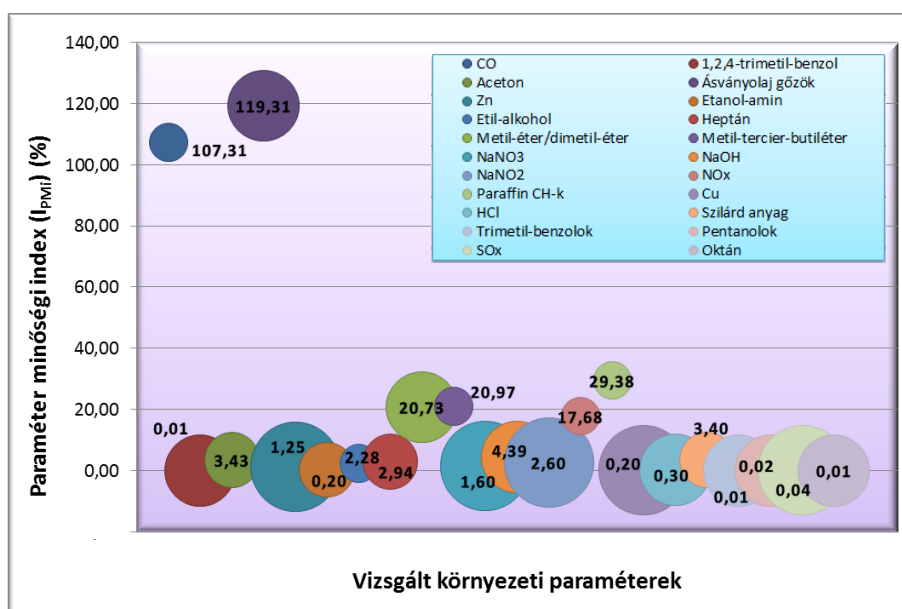
40. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében elfolyó szennyvíz környezeti komponensre



41. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében elfolyó szennyvíz környezeti komponensre



42. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében levegő környezeti elemre



43. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében levegő környezeti elemre

A DMHU vizsgálata során levegő környezeti elem szempontjából megállapítottam, hogy a vizsgált környezeti paraméterek esetén bár összességében a megengedetthez képest két környezeti paraméter (CO, ásványolaj gőzök) kivételével a kibocsátott mennyiség a megengedett 30%-át sem éri el (három környezeti paraméter (metil-éter/dimetil-éter, metil-tercier-butiléter, paraffin CH-ek) 10% alatti, egy környezeti paraméter (NO_x) 20% alatti, 16 paraméter pedig 5% alatti mennyiségben kerül a környezetbe). Két környezeti paraméter megengedett koncentrációja viszont meghaladja a megengedett kibocsátás

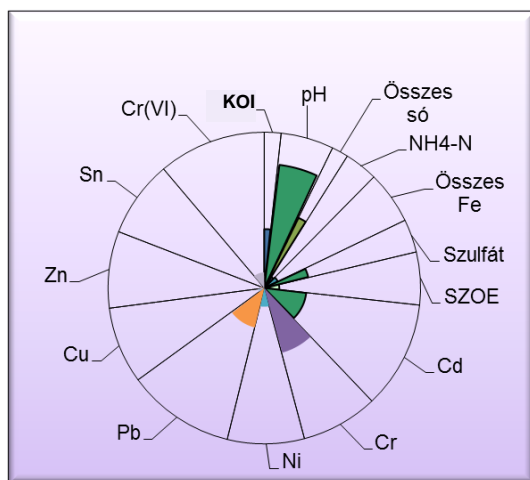
mértékét: az ásványolaj gőzök mennyisége megközelíti a 120%-ot, még a szén-monoxid mennyisége 107%.

A DMHU környezeti komponens/elem szintű elemzése és értékelése

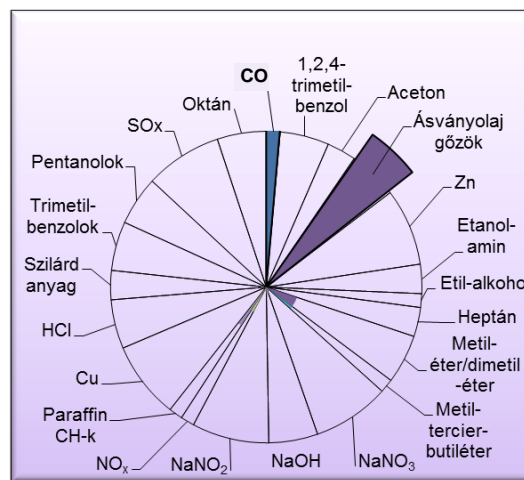
A környezeti elemet/komponenst értékelő táblázat (96. táblázat) alapján megállapítottam, hogy az elfolyó szennyvíz komponens tekintetében a vállalat a 10-es viszonyítási sugárhoz, a legjobb kategóriába, a „Természetes, antropogén hatástól mentes környezeti elem” tartozik.

A levegőre vonatkozó adatok alapján (105. táblázat) a DMHU a 30-as kategóriába, a „Természetes állapotú környezeti elem kimutatható antropogén hatással” tartozik (96. táblázat). Egyrészt a környezeti paraméterek 91%-a a megengedett kibocsátás mértékéhez képest nem éri el a 10%-os mennyiséget, másrészt viszont két paraméter mennyisége túllépi a határértéket. Így a rendkívül kedvező minőséget egy kategóriával rontja a két kedvezőtlen mérési eredmény. Ugyanakkor az értékelés eredménye nem lesz 3-4 kategóriával rosszabb.

A környezeti paraméterek után a környezeti komponens/elem szintű vizsgálatot végeztem, először az elfolyó szennyvíz majd a levegő tekintetében. A közcsatorna környezeti komponensre vonatkozó diagramot a 44. ábra, a levegő környezeti elemre vonatkozót a 45. ábra mutatja be.



44. ábra: A környezeti komponens mennyiségi analízise (DMHU, elfolyó szennyvíz)



45. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise (DMHU, levegő)

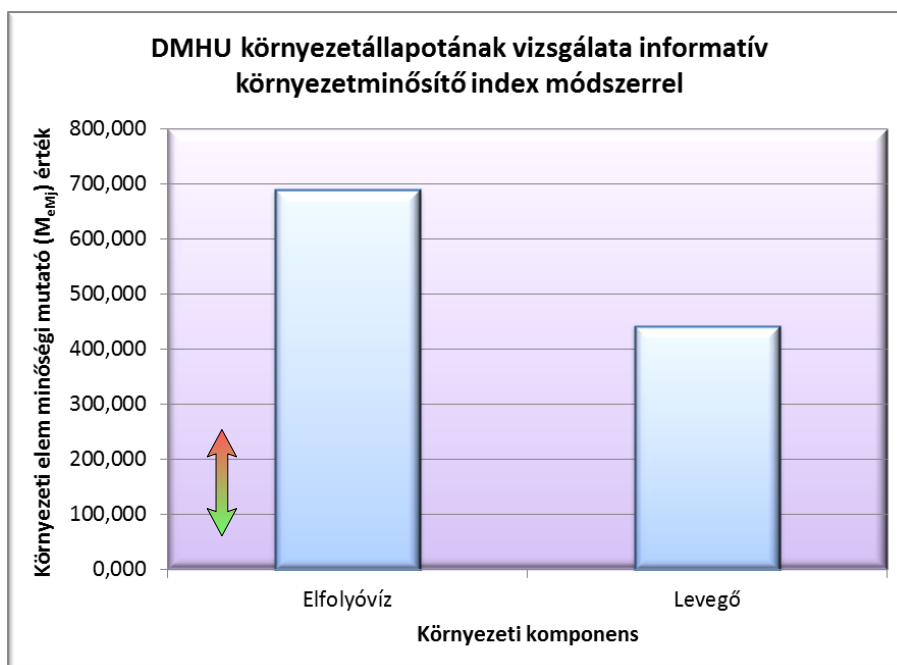
A **106. táblázat** tartalmazza a DMHU esetében elvégzett környezeti elem/komponens szintű vizsgálat eredményeit.

106. táblázat: A DMHU környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának adatai

Környezeti komp./elem	P_E	P_G	F_{eMj}	I_{eMj}	M_{eMj}	J_{ej}
Elfolyóvíz	15	15	145,95	23,26	689,26	1,00
Levegő	22	22	214,05	15,37	441,04	1,00

Az elméleti (P_E) és gyakorlati (P_G) paraméterszámok tekintetében megállapítottam, hogy a DMHU az előírásoknak megfelelően mindkét környezeti elem esetében minden környezeti paraméter tekintetében végez vizsgálatokat.

A környezeti komponensek környezeti teljesítményének összehasonlítására szolgál a **46. ábra**, melynek adatait a **106. táblázat** utolsó előtti oszlopa tartalmazza (környezeti elem minőségi mutató értéket (M_{eMj})). A környezeti elem minőségi mutató érték esetében megállapítottam, hogy a közcatornába elfolyó szennyvíz által okozott környezetterhelés



46. ábra: A DMHU környezeti teljesítményének informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatából származó értékelő diagram

A fenti megállapítást támasztja alá a **46. ábra** is, annak ellenére, hogy a szennyvíz környezeti komponens esetében egyetlen környezeti paraméter sem lépte át a

megengedett kibocsátási határértéket, míg a levegő környezeti elem tekintetében a CO 7%-kal az ásványolaj gőzök pedig közel 20%-kal haladták meg a határértéket. Ugyanakkor azt is megállapítottam, hogy a vizsgált 22 környezeti paraméterből 16 esetében a kibocsátás mértéke nem éri el a megengedett határérték 5%-át.

A DMHU környezeti teljesítmény értékelése

A DMHU tekintetében az informatív környezetminősítő index módszerrel elvégzett vizsgálat eredményeit a **107. táblázat**ban foglaltam össze. Megállapítottam, hogy a vizsgálat informativitási jellemzője $J_k = 1$, azaz a környezethasználati engedélyben szereplő minden előírt környezeti paraméter tekintetében végez a vállalat méréseket, betartva ezzel az előírásokat.

107. táblázat: A vizsgálat megbízhatóságát szemléltető adatok

I_{KMI}	J_k	R_Q
1130,30	1,00	13,41

A **(47) egyenlet**et alkalmazva az informatív környezetminősítő index értéke $I_{KMI} = 1030,30$, melyet az értékelő táblázathoz **(97. táblázat)** viszonyítva megállapítottam, hogy a DMHU a 10-es viszonyítási sugarú kategóriához tartozik, azaz annak ellenére, hogy ipartelepről van szó a „Természetes, antropogén hatástól mentes környezet” jellemzi.

Összehasonlító értékelés a DMHU környezeti teljesítményének mennyiségi módszerekkel történt vizsgálatáról

A DMHU környezeti teljesítményének négy mennyiségi módszerrel (komplex környezetszennyezési index módszer, integrált mennyiségi módszer, Battelle módszer, informatív környezetminősítő index módszer) vizsgáltam. A módszerek eredményeit szemléltető diagramok (komplex környezetszennyezési index, integrált mennyiségi módszer Battelle módszer – **20. ábra**; informatív környezetminősítő index – **46. ábra**) alapján megállapítottam, hogy a mennyiségi módszerek eredményei azonos tendenciákat mutattak a környezetállapot mutatók alapján. A módszerek esetében nem figyelhető meg jelentős eltérés.

6.4 Kolontár környezetállapotának vizsgálata informatív környezetminősítő index módszerrel

Kolontár informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatát a **6.1. 0** és **6.3 alfejezet**ekkel azonos módon végeztem el.

Kolontár környezeti paraméter szintű elemzése és értékelése

Az értékelés részeredményeit a **108. táblázat**ban foglaltam össze. Az „Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében” értékelő diagramok rendre: **47. ábra** felszíni vízre, **49. ábra** felszín alatti vízre, **51. ábra** pedig a földtani közegre vonatkozik. Az „Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében” diagramok pedig a következők: **48. ábra** felszíni vízre, **50. ábra** felszín alatti vízre, **52. ábra** földtani közegre.

108. táblázat: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei

Paraméter	Mérték-egység	Mért érték	Határ érték		K _{HÉSZI}	F _{PMI}	I _{PMI}	M _{PMI}
Felszíni víz (R)								
Na	µg/l	42200	200000		0,010	2,02	21,10	7,8
Al	µg/l	352	200		0,122	24,70	176,00	6677,5
Ni	µg/l	40	20		0,192	38,73	200,00	13520,6
Cd	µg/l	10	0,09		0,375	75,64	11111,11	81492238,0
Fe	µg/l	74	200		0,122	24,70	37,00	295,1
Cr	µg/l	10	20		0,192	38,73	50,00	845,0
Zn	µg/l	12	75		0,122	24,70	16,00	55,2
Cu	µg/l	156	10		0,192	38,73	1560,00	822592,8
Pb	µg/l	64	7,2		0,192	38,73	888,89	267073,4
Oldott oxigén	µg/l	10190	7000		0,010	2,02	68,69	83,1
Vezetőképesség	µS/cm	995	900		0,062	12,55	110,56	1338,4
pH	–	8,41	6,5-9		0,192	38,73	93,44	2951,5
Σ környezeti komponens							14332,79	82607678

108. táblázat folytatása: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei

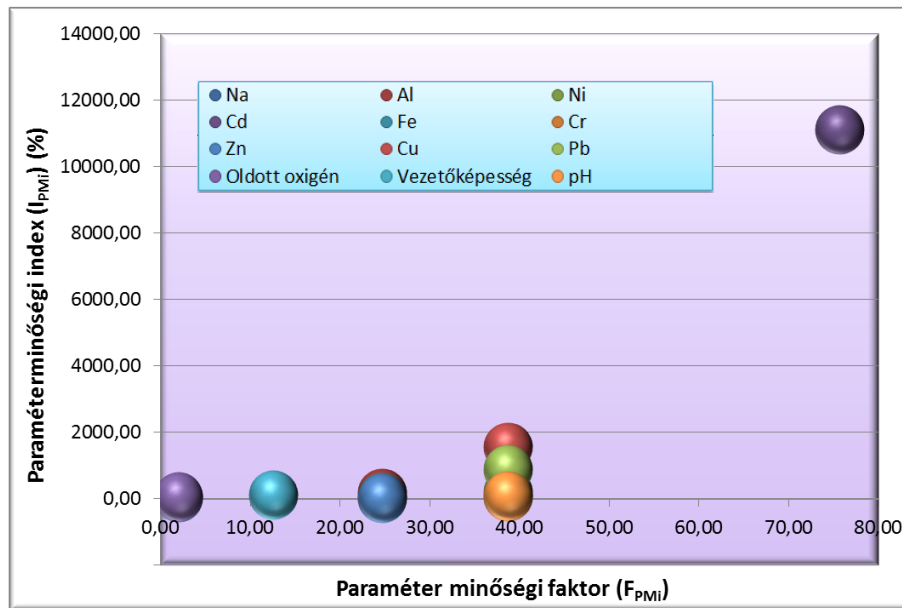
Paraméter	Mérték- egység	Mért érték	Határ érték		K _{HÉSZI}	F _{PMI}	I _{PMI}	M _{PMI}
Felszín alatti víz (G)								
Na	µg/l	324000	200000		0,010	1,70	162,00	389,7
Al	µg/l	75800	200		0,196	33,41	37900,00	418810209,3
Ni	µg/l	32	20		0,260	44,24	160,00	9884,4
Cd	µg/l	10	5		0,335	57,06	200,00	19917,2
Ba	µg/l	22	700		0,141	24,03	3,14	2,1
Cr	µg/l	10	50		0,260	44,24	20,00	154,4
Zn	µg/l	12	200		0,196	33,41	6,00	10,5
Cu	µg/l	180	200		0,196	33,41	90,00	2361,7
Pb	µg/l	76	10		0,260	44,24	760,00	223017,1
As	µg/l	10	10		0,260	44,24	100,00	3861,1
Σ környezeti komponens							39401,14	419069807,5
Földtani közeg (S)								
Ni	mg/kg	205,07	40		0,192	47,26	512,68	108402,4
Cr	mg/kg	268,14	75		0,122	30,14	357,52	33620,6
Co	mg/kg	43,81	30		0,192	47,26	146,03	8795,5
Cu	mg/kg	46,66	75		0,122	30,14	62,21	1018,1
Zn	mg/kg	118,88	200		0,122	30,14	59,44	929,3
Pb	mg/kg	94,56	100		0,122	30,14	94,56	2351,9
Cd	mg/kg	1,45	1		0,274	67,51	145,00	12386,7
Ba	mg/kg	48,65	250		0,122	30,14	19,46	99,6
As	mg/kg	40,34	15		0,192	47,26	268,93	29829,4
Σ környezeti komponens							1665,84	197433,4

A grafikonok (47-52. ábra) kiválóan szemléltetik, a vizsgált környezeti paraméterek mennyiségének viszonyát az előírt határértékekhez képest. A felszíni víz esetében a legkritikusabb paraméter a kadmium, ami több mint 110-szerese a megengedett határértéknek. Emellett a réz koncentrációja 15-ször, az ólomé kb. kilencszer, a nikkellé kétszer és az alumíniumé is közel kétszer nagyobb a megengedett határértéknél.

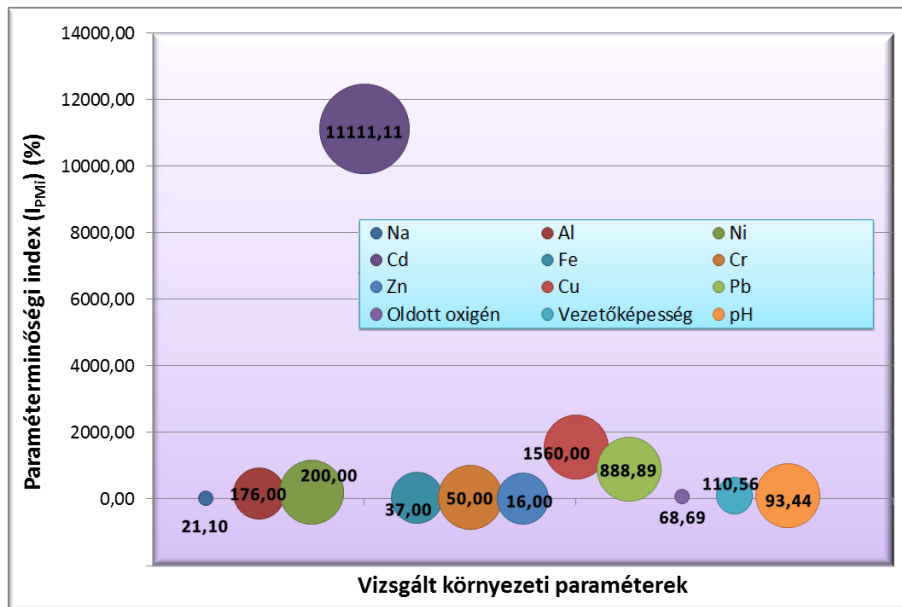
A felszín alatti víz esetében mért környezeti paraméterek, még rosszabb minőséget mutatnak (108. táblázat). Az alumínium 379-szerese a megengedett határértéknek. Emellett az ólom esetében is több, mint 7,5-szer nagyobb a környezeti elem koncentrációja a megengedettnek.

A mérési adatok a kolontári katasztrófa másnapján készültek, így némileg meglepő, hogy a felszín alatti víz már ilyen jelentős mértékben szennyezett, ugyanakkor a felszíni vízben

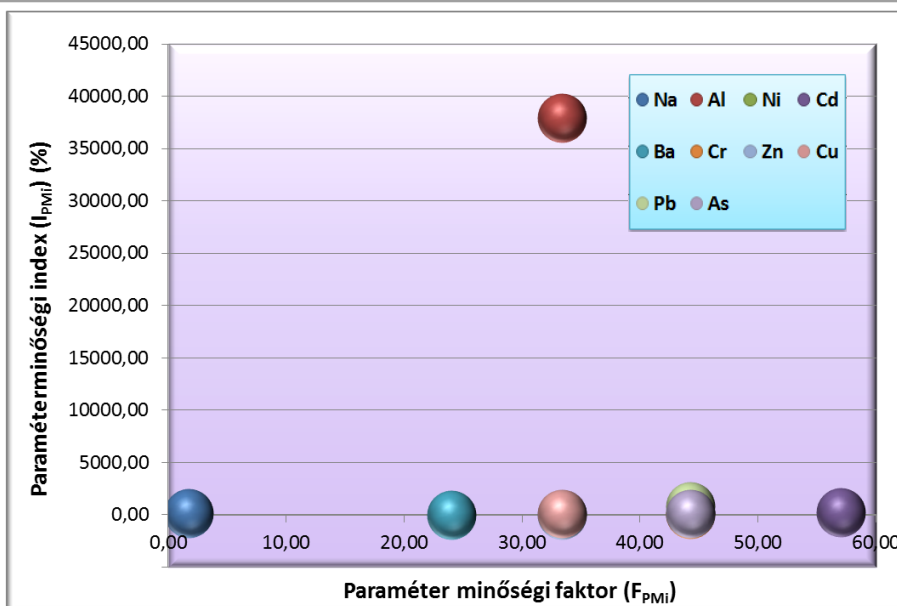
mért koncentrációkból számolt paraméter minőségi index **((40) egyenlet)** 2,78-szor kisebb, mint a felszín alatti vízre vonatkoztatott érték.



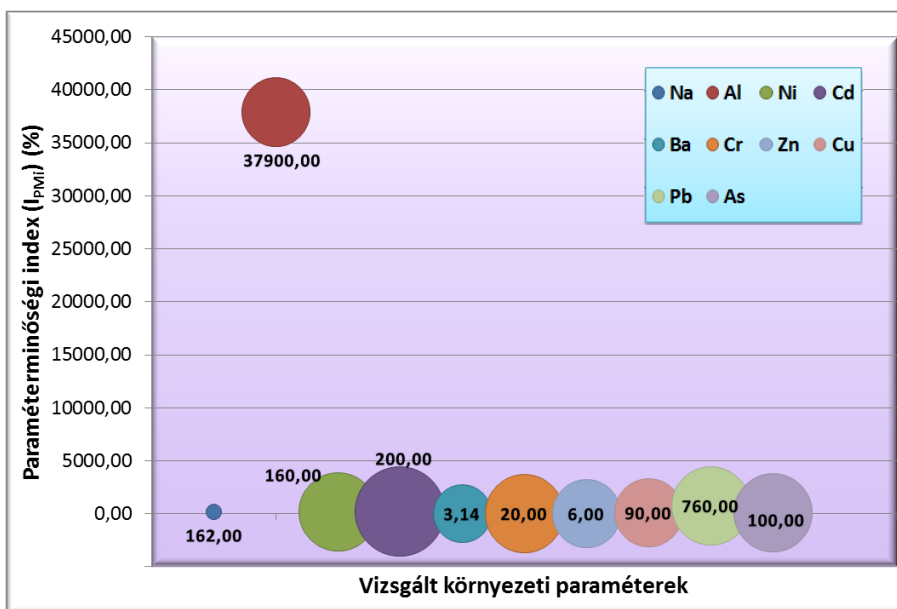
47. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében felszíni víz környezeti elemre



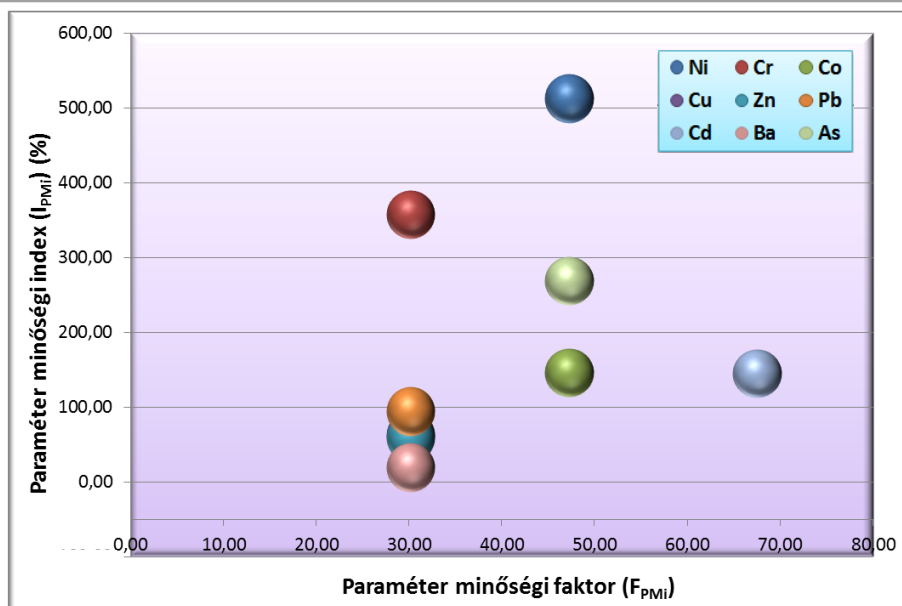
48. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében felszíni víz környezeti elemre



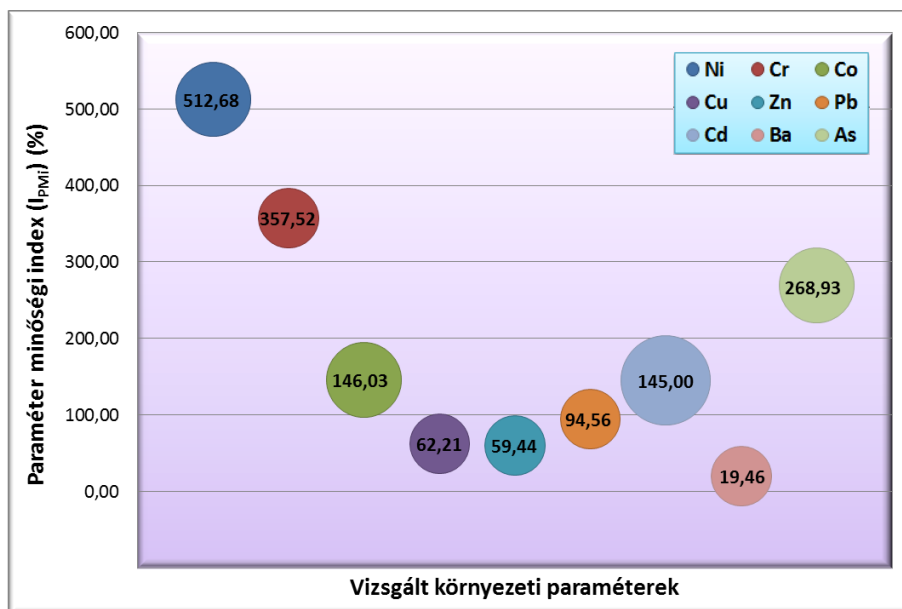
49. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében felszín alatti víz környezeti elemre



50. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében felszín alatti víz környezeti elemre



51. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében földtani közeg környezeti elemre

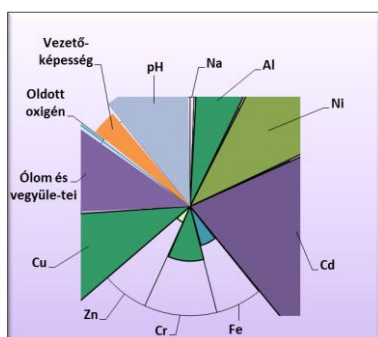


52. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében földtani közeg környezeti elemre

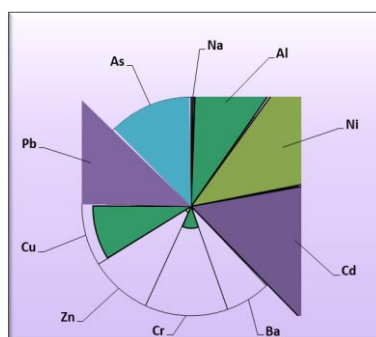
A földtani közeg esetében mért környezeti paramétereknél a nikkelt több, mint ötszörös, a króm három és félszeres, az arzén több, mint két és félszeres koncentráció túllépést mutat. A kadmium és a kobalt koncentrációja „csak” 45-46%-kal lépi túl a megengedett határértéket a földtani közegben.

Kolontár környezeti elem szintű elemzése és értékelése

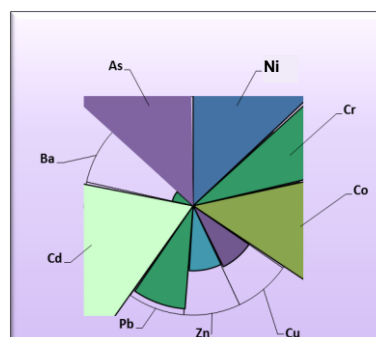
„A környezeti komponens mennyiségi analízise” megnevezésű diagramok (53-55. ábra) Kolontár tekintetében hangsúlyozottan ábrázolják a vörösiszap katasztrófát követően kialakult környezeti állapotot. Mindhárom vizsgált környezeti elem (felszíni víz (53. ábra), felszín alatti víz (54. ábra), földtani közeg (55. ábra)) esetében jelentős határérték túllépések történtek számos környezeti paraméter tekintetében. A határérték túllépés esetenként nem néhány %-nyi értékű, hanem az összes vizsgált környezeti elem tekintetében analizált környezeti paraméterek 32%-ánál a mért érték többszöröse a jogszabályban [113][114][115][121] megengedett határértéknek. Például felszíni víz esetén a Cd 110-szerese a megengedett határértéknek, felszín alatti víz esetén az Al 380-szorosa, még a földtani közeg esetében a Ni ötszöröse. A többszörös határérték túllépéseknél az ábrázolt kördiagram érintett körcikk sugara jelentősen nagyobb, mint a köré. Ezáltal is jól szimbolizálva a kritikus területeket.



53. ábra: Felszíni víz környezeti elem mennyiségi analízise (Kolontár)



54. ábra: Felszín alatti víz környezeti elem mennyiségi analízise (Kolontár)

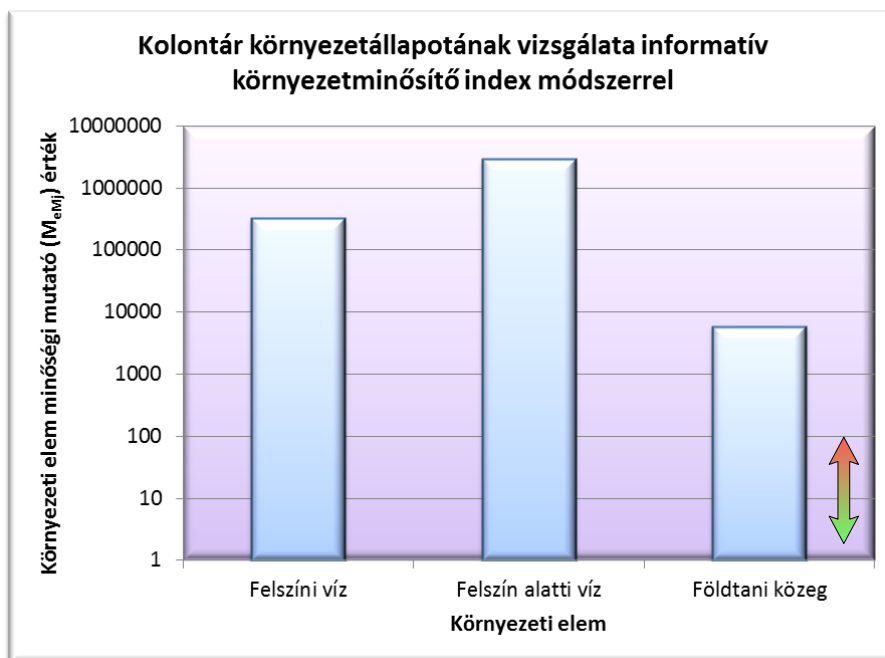


55. ábra: Földtani közeg környezeti elem mennyiségi analízise (Kolontár)

109. táblázat: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezeti elem szintű vizsgálatának eredményei

Környezeti komp./elem	P_E	P_G	F_{cMj}	I_{cMj}	M_{cMj}	J_{ej}
Felszíni víz (R)	60	12	25,41	1194,40	316359,93	0,200
Felszín alatti víz (G)	58	10	21,18	3940,11	2868921,00	0,172
Földtani közeg (S)	52	9	1906	185,09	5698,00	0,173

A környezeti elemekre számított környezeti elem minőségi mutató értékeket ábrázolja az 56. ábra.



56. ábra: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatából származó értékelő diagram

A **110. táblázat** a környezeti elemek összefoglaló értékelését tartalmazza a referencia értékekkel együtt. Az adatokból megállapítottam, hogy bár minden környezeti elem rendkívül szennyezett, a felszíni és a felszín alatti víz esetében az R₃₀₀-as (**110. táblázat**) kategóriát is meghaladja a szennyezettség mértéke, a földtani közeg azonban csak az R₂₀₀-as (**110. táblázat**) kategóriába tartozik.

110. táblázat: Kolontár környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának értékelő táblázata a vizsgált környezeti elemekre

Viszonyítási sugár (R _p)	Viszonyítási terület (A _p)	Értékelés (R)	Értékelés (G)	Értékelés (S)
300	282743	29216	148216	70
200	125664	65737	333485	157
150	70686	116866	592863	279
110	38013	217313	1102430	519
100	31416	262948	1333941	628
90	25447	324628	1646840	776
70	15394	536629	2722328	1283
50	7854	1051794	5335763	2514
30	2827	2921649	14821563	6983
10	314	26294841	133394063	62845

Kolontár környezetállapotának vizsgálata informatív környezetminősítő index módszerrel

A környezet egészére vonatkozó vizsgálati eredményeket a **111. táblázat** tartalmazza. A **(47) egyenlet** alapján számolt informatív környezetminősítő indexet (I_{KMI}), a **(46) egyenlet** alapján meghatározott környezet informativitási jellemzőt (J_k) és a **(49) egyenlettel** számolt környezetterhelési jellemző értéket (R_Q).

111. táblázat: A vizsgálat megbízhatóságát szemléltető adatok

I_{KMI}	J_k	R_Q
3.190.978,93	0,18	1362,61

A vizsgálat informativitási jellemzője $J_k=0,18$. A környezeti elemek elemzéséből számított informatív környezetminősítő index alapján Kolontár a legrosszabb $R_q=300$ kategóriához tartozik, miszerint „Degradált terület, melyhez a térség természetes társulásai nem képesek alkalmazkodni” (**97. táblázat**). A pontos környezetterhelési jellemző (R_Q) érték alapján megállapítottam, hogy Kolontár térségében, összességében a terhelés több, mint 13,5-szer haladja meg a maximálisan megengedett határértéket a katasztrófa másnapján mérve.

Összehasonlító értékelés Kolontár környezetállapotának mennyiségi módszerekkel történt vizsgálatáról

Kolontár környezetállapotát négy mennyiségi módszerrel (komplex környezetszennyezési index módszer, integrált mennyiségi módszer, Battelle módszer, informatív környezetminősítő index módszer) vizsgáltam. A módszerek eredményeit szemléltető diagramok (komplex környezetszennyezési index, integrált mennyiségi módszer Battelle módszer – **23. ábra**; informatív környezetminősítő index – **56. ábra**) alapján megállapítottam, hogy a mennyiségi módszerek eredményei két csoportra oszthatók. A komplex környezetszennyezési index és a Battelle módszerek által szolgáltatott eredmények megegyeznek egymással, mindkét esetben az állapotát tekintve „legjobb” a felszíni víz és leggyengébb a földtani közeg környezeti elem.

Ezzel szemben az integrált mennyiségi módszer és az informatív környezetminősítő index módszerek alapján egymással megegyező eredményeket állapítottam meg, ugyanakkor ez az eredmény eltér az előző két módszerrel végzett vizsgálat eredményétől.

Az integrált mennyiségi módszerrel és az informatív környezetminősítő index módszerrel a legrosszabb környezetállapotot a felszín alatti víz környezeti elem esetében állapítottam meg, a legjobbat pedig a földtani közeg esetében. E különbségnek az oka egyértelműen azzal indokolható, hogy az első két módszer (komplex környezetszennyezési index és Battelle módszer) nem számol a határértékekkel, így nem megfelelő módon kezeli az esetleges határérték túllépéseket, ezzel szemben az integrált mennyiségi és az informatív környezetminősítő index módszerek egyaránt figyelembe veszik a környezeti paraméterek esetében a mért érték és a határérték közti arányt.

6.5 A Balaton környezetállapotának vizsgálata informatív környezetminősítő index módszerrel

A Balaton informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának menete azonos az előző fejezetekben (6.1, 6.2, 6.3, és 6.4 fejezet) elvégzett értékelések menetével.

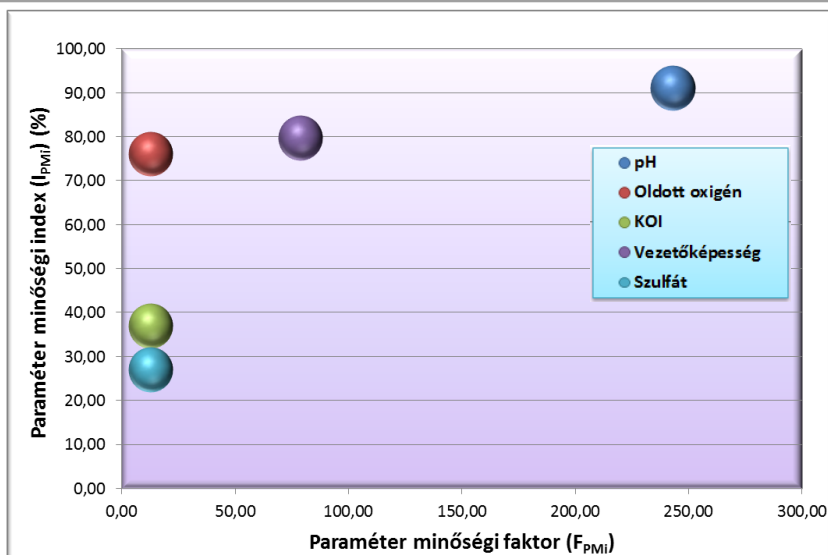
A Balaton vízminőségének környezeti paraméter szintű elemzése és értékelése

A Balaton környezetállapotának vizsgálatát a tó 10 különböző pontjáról vett vízminta környezeti paramétereinek mért értékei alapján végeztem. Az első pont (L1-Zalatorkolat) adatai alapján kapott részeredményeit mutatja be a 112. táblázat.

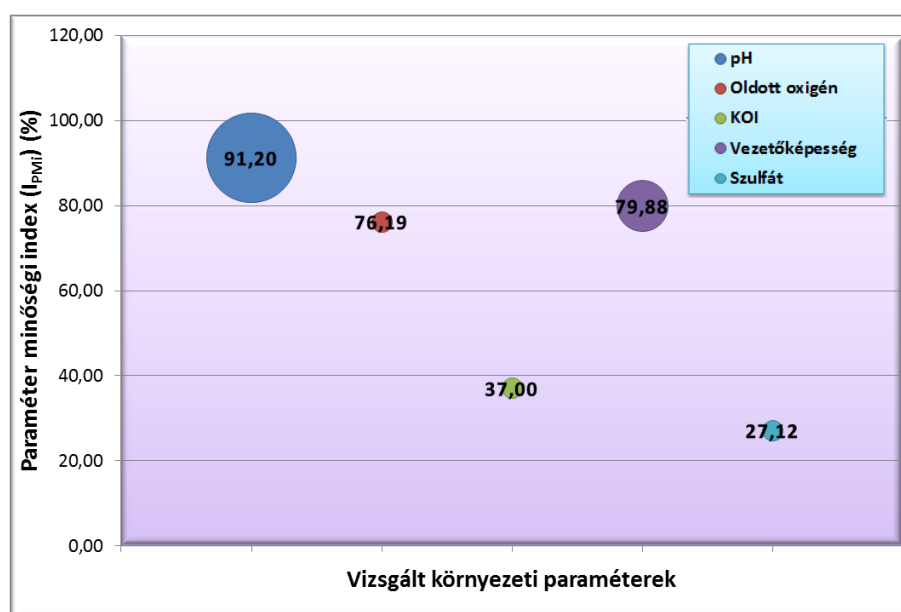
112. táblázat: A Balaton környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálata során a környezeti paraméter szintű elemzés adatai és eredményei

Paraméter	Mértékegység	Mért érték	Határ érték		K _{HÉSZI}	F _{PMI}	I _{PMI}	M _{PMI}
Felszíni víz (L)								
pH	–	8,39	7,8-9,2		0,192	243,20	91,20	17650,5
Oldott oxigén	µg/l	8000	7500-10500		0,010	12,67	76,19	641,9
KOI	µg/l	11100	30000		0,010	12,67	37,00	151,4
Vezetőképesség	µS/cm	639	800		0,062	78,78	79,88	4386,4
Szulfát	µg/l	67800	250000		0,010	12,67	27,12	81,3
Σ környezeti komponens							311,38	22911,5

Az 57. ábra és az 58. ábra a kockázat függvényében elvégzett immisszió analízist mutatja be.



57. ábra: Immisszió analízis a paraméter minőségi faktor függvényében

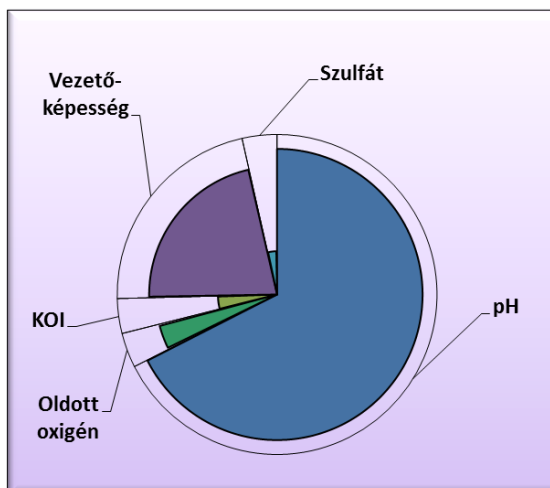


58. ábra: Immisszió analízis a környezeti paraméterek függvényében

Az **57. ábra** alapján megállapítottam, hogy a vizsgált környezeti paraméterek közül a mennyiségi érték tekintetében a pH környezeti paraméter a legfontosabb. A pH paraméter minőségi faktora (F_{PMI}) több mint két és félszerese a vezetőképességnek. Ezt követően az **58. ábra** alapján azt is megállapítottam, hogy a fontossága mellett figyelemmel kell lenni az élővízben mért mennyiségére is, mivel meghaladja a határérték mintegy 90%-át.

A Balaton vízminőségének környezeti elem szintű elemzése és értékelése

A Balaton vonatkozásában egyetlen (felszíni víz) környezeti elemet vizsgáltam. Az **59. ábra** a vizsgált környezeti elem (felszíni víz) mennyiségi analízisét szemlélteti felhasználva az L1 (Zala torkolata) mintavételi pont környezeti paramétereinek adatait.



59. ábra: A környezeti elem mennyiségi analízise (Balaton, L1)

Az L1 mintavételi pont mért környezeti paramétereinek terheléséből meghatározott ΣM_{PMi} érték (**112. táblázat**) és a **97. táblázat** értékelő kategóriái alapján az L1 mintavételi hely környezetállapotát az R_{70} -es viszonyítási sugarú kategóriába soroltam.

A **113. táblázat** tartalmazza a teljes tófelszínen vizsgált L1-L10 (Zala torkolat – Fűzfői-öböl) mintavételi pontok környezeti elem minőségi index (I_{eMj}) és környezeti elem minőségi mutató (M_{eMj}) összesített értékeit. A környezeti elem minőségi faktor (F_{eMj}) érték a **(47) egyenlet** alapján minden esetben $F_{eMj} = 30,51$.

113. táblázat: A Balaton környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatának I_{eMj} és M_{eMj} értékei a 10 mérési helyszínrre számolva

Sorszám	Mintavételi hely	I_{eMj}	M_{eMj}	Sorszám	Mintavételi hely	I_{eMj}	M_{eMj}
1.	Zala torkolata	62,28	1032,55	6.	Révfülöp	68,02	1231,78
2.	Keszthelyi-öböl	66,17	1165,85	7.	Balatonakali	66,56	1179,53
3.	Balatongyörök	68,86	1262,32	8.	Balatonfüredi-öböl	68,37	1244,49
4.	Szigligeti tóközép	66,90	1195,51	9.	Siófok	66,91	1191,83
5.	Szigligeti-öböl	68,27	1240,75	10.	Fűzfői-öböl	68,41	1245,83

Környezeti elem szinten vizsgálva a Balaton vizét, minden vizsgálati pontot tekintve a környezeti elem minőségi mutató (M_{eMj}) (**113. táblázat**) az alábbiak szerint alakul:

$1032,55 \leq M_{eMj} \leq 1262,32$. Így megállapítottam a **96. táblázat** alapján, hogy minden mérési pont az R_{70} kategóriába tartozik, azaz az egyes pontok minősége: „Természetes állapotú környezeti elem kimutatható antropogén hatással”.

A Balaton környezetállapotának vizsgálata informatív környezetminősítő index módszerrel

Az informatív környezetminősítő index módszerrel történő környezetállapot-értékelés vizsgálat figyelembe veszi, hogy a vizsgált terület értékelése hány környezeti elem (egy-kettő-...-több) bevonásával került analízisra. A Balaton környezetállapotát egyetlen környezeti elem vonatkozásában végeztem, azonban a módszer utolsó lépése így sem tekinthetünk el, más környezetállapot-értékelésre szolgáló mennyiségi módszerrel ellentétben (integrált mennyiségi módszer, Battelle módszer). Mivel a vizsgálatba egyetlen környezeti elem került bevonásra, így az eredményül kapott informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) eredmények azonosak az adott pont környezeti elem minőségi mutató (M_{eMj}) értékével. A informatív környezetminősítő index értékek értelmezéséhez a **97. táblázat**ot felhasználva megállapítottam, hogy a Balaton vízminősége az R_{70} kategóriába tartozik, azaz „Határérték alatti antropogén hatással befolyásolt környezetállapot”-tal jellemezhető.

A **(48) egyenlet** alapján számolt viszonyítási terület (A_q) meghatározásakor, a környezet informativitási jellemző (J_k) érték szorzó tényezőként jelenik meg. A Balaton környezetállapotának vizsgálata során a $J_k = 0,085$. Mivel a környezet informativitási jellemző értékre $1 \geq J_k > 0$ között változik, ezért a környezet egészére vonatkozó értékelő táblázat (**96. táblázat**) kategóriának tartományai kisebbek, mint a környezeti elemet értékelő táblázaté (**97. táblázat**), azaz a környezet egészét tekintve szigorúbbak az értékelés kategóriái. Ennek oka, hogy a módszer elfogadható biztonsággal kíván értékelést adni, azaz mivel kevesebb környezeti paraméter vizsgálata esetén a környezetterhelés mértékének megállapítása nagyobb bizonytalanságot tartalmaz, ezért környezetminősítő kategóriaként gyengébb minőséget (azaz nagyobb értéket) állapít meg, ami a vizsgált környezeti paraméterek számosságának növelésével csökkenthető.

A vizsgálat utolsó lépéseként meghatároztam az egyes mérési pontok (1. Zala torkolat ... 10. Fűzfői-öböl) környezetterhelési jellemző értékeit (R_Q) (**114. táblázat**).

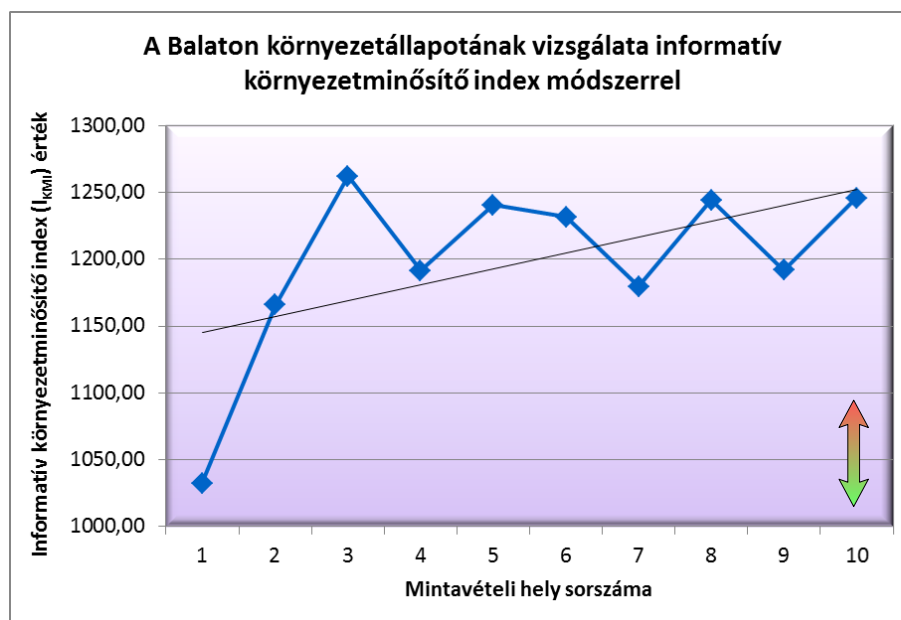
114. táblázat: A vizsgálat megbízhatóságát szemléltető adatok

Sorszám	Mintavételi hely	R _Q	Sorszám	Mintavételi hely	R _Q
1.	Zala torkolata	62,276	6.	Révfülöp	68,019
2.	Keszthelyi-öböl	66,174	7.	Balatonakali	66,561
3.	Balatonyörök	68,857	8.	Balatonfüredi-öböl	68,369
4.	Szigligeti tóközép	66,898	9.	Siófok	66,907
5.	Szigligeti-öböl	68,267	10.	Fűzfői-öböl	68,406

Az első (Fűzfői-öböl) mérési pont I_{KMI} értéke alapján a környezetállapotot az R_{70} „Határérték alatti antropogén hatással befolyásolt környezetállapot” kategóriába soroltam.

A teljes vízfelszínre vonatkoztatott vizsgálat eredménye alapján megállapítottam, hogy a Balaton környezetállapotának jellemzője a $1032,55 \leq I_{KMI} \leq 1262,32$ érték között változik, így a teljes Balaton felszín az R_{70} , azaz a „Természetes környezet kimutatható antropogén hatással” kategóriával minősíthető.

A Balaton környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történt vizsgálat mérési pontonkénti eredményeit diagramon ábrázolva a **60. ábra** szemlélteti.

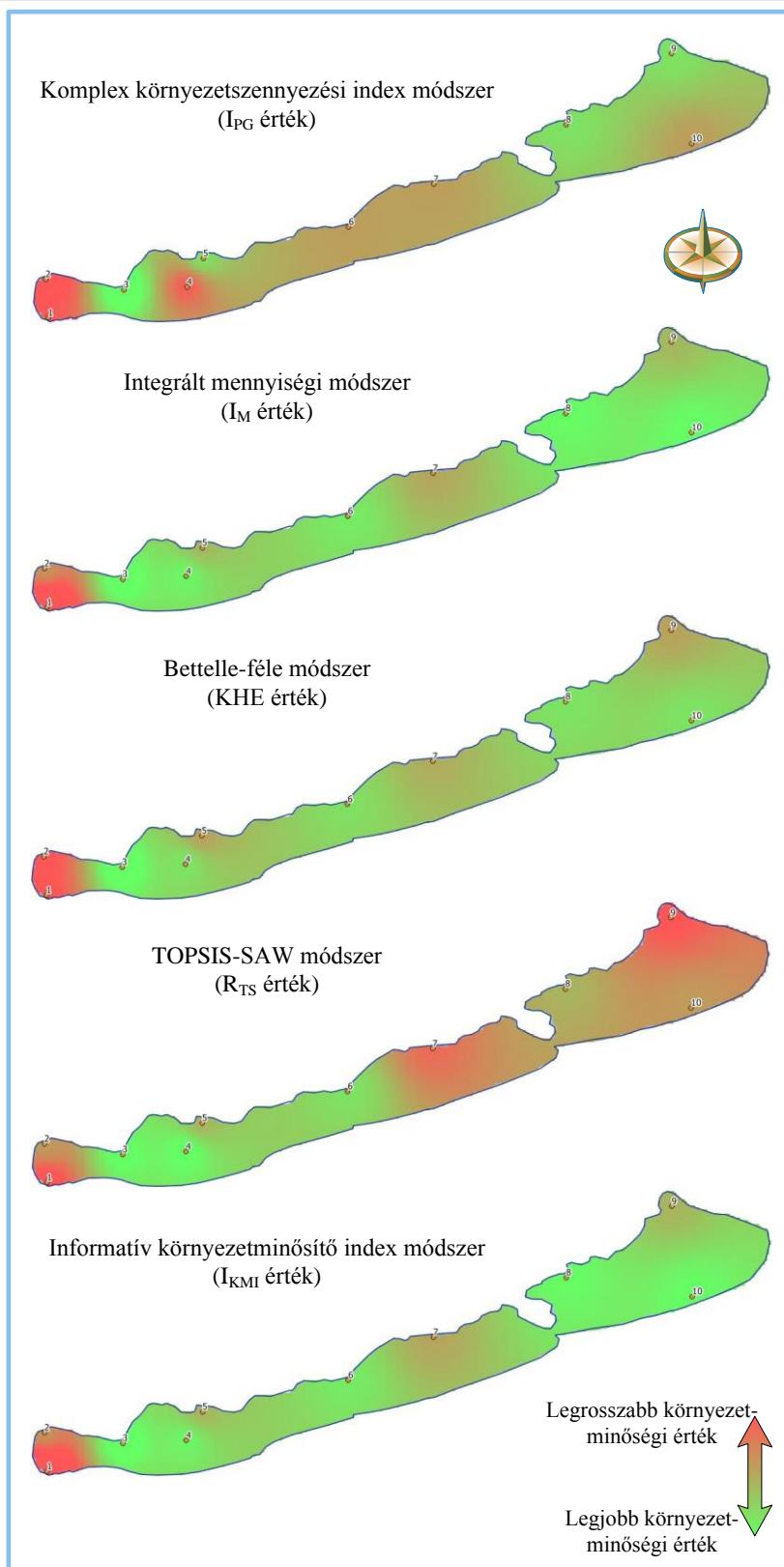


60. ábra: A Balaton környezetállapotának informatív környezetminősítő index módszerrel történő vizsgálatából származó értékelő diagram

Összehasonlító értékelés a Balaton környezetállapotának mennyiségi módszerekkel történt vizsgálatáról

A Balaton környezetállapotát is öt mennyiségi módszerrel (komplex környezetszennyezési index módszer, integrált mennyiségi módszer, Battelle módszer, TOPSIS-SAW módszer, informatív környezetminősítő index módszer) vizsgáltam. A módszerek által szolgáltatott végeredményeket szemlélteti a **61. ábra**. Minden módszer esetében egy-egy Balaton térképen ábrázoltam a módszer alapján számolt végeredményt oly módon, hogy a legjobb környezetminőséget mutató pont kapta a legzöldebb színt, a leggyengébb környezetminőségi érték pedig a legpirosabbat. A két végpont között kapott eredményeket interpolálva kaptam meg az alábbi térképeket. Ez az ábrázolás mód nagyban segíti a vizsgált módszerek által szolgáltatott eredmények összehasonlítását, mivel a Battelle módszer esetében a többi módszertől eltérően kell a végeredményt értelmezni (Battelle módszer esetében a legmagasabb KHE értéket a legjobb környezetminőségi állapot kapja, míg a további négy módszer esetében a környezetminőség annál jobb, minél kisebb a meghatározott végeredmény (komplex környezetszennyezési index (I_{PG}), környezeti hatás (IM_k), a TOPSIS-SAW rangsor (R_{TS}) és az informatív környezetminőségi index (I_{KMI}) értékek))

Az ábra alapján megállapítottam, hogy az általam fejlesztett informatív környezetminősítő index módszerrel az irodalmi módszerek közül az integrált mennyiségi módszerrel teljesen azonos, a Battelle módszerhez pedig nagyon hasonló eredményt kaptam. Ennek oka, hogy az integrált mennyiségi módszer is figyelembe veszi az egyes környezeti paraméterek tekintetében mért mennyiség és a paraméter vonatkozásában előírt határérték arányát. A komplex környezetszennyezési index esetében a **61. ábra** szemléltetése alapján nagyobb eltéréseket állapítottam meg. Ennek oka a módszer által alkalmazott kerekítésekből származik. A TOPSIS-SAW módszerrel kapott eredményeket ábrázolva jelentősen eltérő képet mutat az eredmény amiatt, hogy a módszer egy rangsort állít fel az egyes mérési helyszínek között, azonban a környezetállapotra utaló közvetlen értéket nem szolgáltat.



61. ábra: A Balaton környezetállapotának összehasonlítása a mennyiségi módszerek által szolgáltatott eredmények alapján

6.6 Összefoglaló értékelés az informatív környezetminősítő index (IKMI) módszerről

Az informatív környezetminősítő index környezetállapot-értékelő módszer elsősorban abban tér el az általam vizsgált többi szakirodalmi (komplex környezetszennyezési index, Battelle) módszertől, hogy a környezet állapotának vizsgálatakor figyelembe veszi a jogszabályban megadott határértékek szerinti elvi maximális környezetterhelést és ahhoz viszonyítja a mérési adatokból származó gyakorlati szennyezettséget.

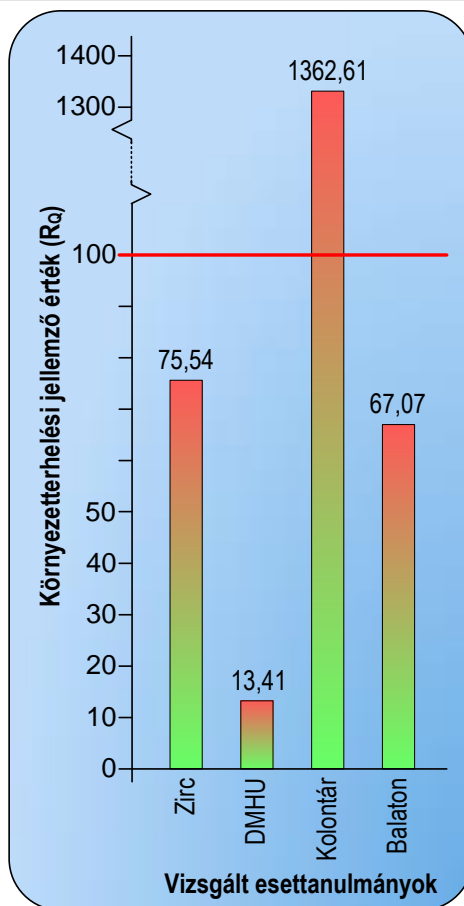
Másodsorban az értékelés során az informatív környezetminősítő index módszer a környezet állapotáról több szintű és árnyaltabb eredményeket indukál.

Harmadrészt rávilágít a jelentős környezeti hatásokra, nem fedi el a vizsgált környezeti paraméterek tekintetében esetlegesen mért szélsőséges kibocsátási mennyiségeket. Emellett a szélső értékeket optimálisan veszi figyelembe, azaz a szélsőséges értékek nem okoznak a végkövetkeztetés tekintetében aránytalan torzulást.

Az alábbi ábrán összehasonlítottam a négy esettanulmány informatív környezetminőségi index módszerrrel történt vizsgálata során kapott környezetterhelési jellemző értékeket (R_Q) (62. ábra). Az ábrán a piros vízszintes vonal jelenti azt az állapotot, melynél minden vizsgált környezeti paraméter pontosan a megengedett határértékben van jelen a környezeti elemekben.

Zirc város esetében mind a kilenc mérési helyszínt és mérési időpontot ábrázoltam, mivel az egyes pontok esetében nagyon szélsőséges eredményekre jutottam. A minimálisan terhelt ($R_Q = 28,10$) környezetállapottól a súlyosan veszélyeztetett állapotig ($R_Q = 151,81$). Ez azt jelenti, hogy időről-időre történnek ugyan nem várt szennyezések, azért összességében elmondható a vizsgált paraméterek figyelembevételével, hogy Zirc város környezetállapota közepesen terhelt.

A DMHU környezeti teljesítménye igen figyelemre méltó. Az összes terhelését figyelembe véve, mindösszesen $R_Q = 13,41$ az általa okozott terhelés. Bár néhány környezeti paraméter tekintetében határérték túllépés is megfigyelhető (a vizsgált környezeti paraméterek 5%-ánál), azonban a környezeti paraméterek 43%-ánál a kibocsátás mértéke nem éri el az 5%-ot, ezen felül a paraméterek további 51%-ánál nem ri el a 41%-ot.



62. ábra: Az esettanulmányok informatív környezetminősítő index módszerrel történt vizsgálatával számolt környezetterhelési jellemző (R_Q) értékek összehasonlítása

Kolontár esetében az informatív környezetminősítő index megfelelő módon hangsúlyozza a terület terheltségét, ellentétben a komplex környezetszennyezési index módszertől, mely a DMHU eredményéhez képest a csupán egy kategóriával minősítette rosszabbnak ($I_{PG-Kolontár} = 2,86$, $I_{PG-DMHU} = 1,25$).

Balaton esetében a fenti ábrán csupán egyetlen értéket szerepeltettem, mivel a 10 mérési pont esetében rendkívül kicsi a szórás a környezet terheltségi jellemző ($62,27 \leq R_{Q-Balaton} \leq 68,91$) értékek tekintetében. A Balaton vízminősége a vizsgált környezeti paraméterek figyelembevételével átlagosan 67,07%-ban terhelt.

7 A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlítása

Elvégeztem az informatív környezetminősítő index módszer összehasonlítását a korábban vizsgált irodalmi mennyiségi módszerekkel a **115. táblázat**ban feltüntetett 17 kritérium alapján. A kritériumok meghatározásakor figyelembe vettem az irodalmi rész **2.2 fejezet**ében felsorakoztatott feltételeket, melyeknek egy környezeti hatásokat azonosító módszernek meg kell felelnie. Az összehasonlítást két módon végeztem el, egyrészt egy egyszerű összehasonlító értékeléssel (**7.1 fejezet**), másrészt pedig Dean és Nishry által kifejlesztett páros összehasonlítási módszerrel (**7.2 fejezet**) [126].

7.1 A vizsgált mennyiségi módszerek elemzése egyszerű összehasonlító értékeléssel

Az egyes esettanulmányokban elvégzett vizsgálatokat követően a **115. táblázat**ban különböző szempontok szerint összehasonlítottam a komplex környezetszennyezési index (I_{PG}), az integrált mennyiségi (I_M) a Battelle és TOPSIS-SAW módszereket az általam fejlesztett informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszerrel. A táblázatban a pozitív minősítést ✓ (igen) jelöltem még a negatív minősítést ✗ (nem) szimbólum jelzi.

115. táblázat: A felhasznált irodalmi módszerek összehasonlítása a saját fejlesztésű I_{KMI} módszerrel

Kritériumok	I_{PG} módszer	I_M módszer	Battelle módszer	TOPSIS-SAW módszer	I_{KMI} módszer
1. Súlyoz-e környezeti paraméterenként?	✗	✗	✓	✓	✓
2. Súlyoz-e környezeti elemenként?	✗	✓	✗	✗	✓
3. Érzékeny-e a határértékre?	✗	✓	✗	✗	✓
4. A szélsőséges értékeket optimálisan veszi-e figyelembe?	✗	✓	✓	✓	✓
5. Célszerű-e a módszer KÁÉ alkalmazásra?	✓	✓	✓	✗	✓
6. Flexibilis-e a módszer (új adattal könnyen bővíthető)?	✗	✓	✗	✗	✓
7. Univerzális-e a módszer (bármely esetre közvetlenül alkalmazható)?	✗	✓	✗	✓	✓
8. Alkalmas-e a módszer különböző esetek összehasonlítására?	✓	✓	✓	✗	✓
9. A módszer egyetlen környezeti elem vizsgálatára is alkalmas? (informativitás)	✓	✗	✓	✓	✓
10. Független a módszer a jogszabályi változásoktól? (határértékek)	✓	✗	✓	✓	✗

115. táblázat folytatása: A felhasznált irodalmi módszerek összehasonlítása a saját fejlesztésű I_{KMI} módszerrel

Kritériumok	I _{PG} módszer	I _M módszer	Battelle módszer	TOPSIS-SAW módszer	I _{KMI} módszer
11. Alkalmas-e a módszer olyan környezeti paraméterek elemzésére, melyekre nincs határérték megállapítva?	✓	✗	✓	✓	✓
12. A módszer közvetlenül alkalmazható-e a nemzetközi gyakorlatban?	✓	✗	✓	✓	✗
13. Alkalmas-e a módszer a jelentős környezeti hatások azonosítására?	✗	✓	✓ / ✗	✓ / ✗	✓
14. A módszer szolgáltat-e kvalitatív eredményeket?	✗	✓ / ✗	✗	✗	✓
15. A módszer szolgáltat-e kvantitatív eredményeket?	✓	✓	✓	✗	✓
16. A metodika könnyen kezelhető-e?	✓	✓	✓ / ✗	✗	✗
17. A módszer végkövetkeztetése egyértelmű-e?	✓	✓	✓	✗	✓
Értékelés	9	11,5	11	7,5	14

A pozitív válaszokra egy pontot, az igen/nem válaszokra fél pontot adtam, végül a nemleges válaszokat nulla ponttal értékeltem, így a kialakított értékelés alapján maximális 17 pontot kaphattak az egyes módszerek.

Megállapítottam, hogy a TOPSIS-SAW módszer mindösszesen 7,5 pontot ért el, így véleményem szerint kevésbé alkalmasak környezetállapot-értékelés elvégzésére. Ugyanakkor az előnyeit tekintve alkalmasnak bizonyulhat döntés előkészítési folyamatban, alternatívák rangsorolására

A komplex környezetszennyezési index (I_{PG}) módszerhez 9 pontot rendeltem. A módszer hiányossága, hogy elfedi a jelentős környezeti hatásokat és nagymértékben függ az állapotértékelést végző preferenciájától mind a környezeti elemjegy skála, mind a súlyozás tekintetében.

A Battelle módszer az értékelés során 11 pontot kapott. Nagy hátránya, hogy nincs tekintettel a határértékekre. A módszer a súlyozás kialakításának módjára ugyan tesz javaslatot, de azt nem tekinti kötelező érvényűnek, így a súlyozás itt is válhat rendkívül szubjektívvé.

Az integrált mennyiségi (I_M) módszer 11,5 pontot ért el. Hátránya, hogy a súlyozás rendkívül szubjektívvé válhat, ennek ellenére jelentős befolyással van a végeredményre.

Az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszer 14 pontot kapott. Előnynek tekintetem, hogy figyelembe veszi a határértékeket, ugyanakkor ebből adódik a módszer gyengesége, miszerint a jogszabályi változás esetén ellenőrizni kell a környezeti referencia adatbázist. Emellett a nemzetközi gyakorlatba történő átültetéskor szintén ellenőrizni kell az adott állam jogi szabályozása által meghatározott határértékeket és ennek tükrében a referencia adatbázis módosításra szorulhat.

7.2 A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlítása Dean és Nishry páros módszere alapján

A vizsgált mennyiségi módszerek egyszerű összehasonlítását követően elvégeztem a módszerek Dean és Nishry által kifejlesztett páros összehasonlítási módszerrel történő elemzését is. Az összehasonlítást a **115. táblázat**ban felsorakoztatott kritériumok alapján végeztem el [126].

A módszer értelmében a kritériumokat kiegészítettem a „dummy” kritériummal. A „dummy” kritérium a páros összehasonlítás során mindig a kevésbé fontos kritériumot jelképezi.

A páros összehasonlító módszer első lépéseket a kritériumok egymáshoz viszonyított rangsorát kell meghatározni. E rangsort a faktor fontossági együttható (FIC) szimbolizálja (**116. táblázat**) [127].

116. táblázat: A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlításának alapját képező kritériumok fontosságának meghatározása Dean és Nishry módszere értelmében

Kritériumok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Σ	FIC
1. Súlyoz-e környezeti paraméterenként?	x	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	10	0,07
2. Súlyoz-e környezeti elemenként?	0	x	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	9	0,07
3. Érzékeny-e a határértékre?	1	1	x	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	11	0,08
4. A szélsőséges értékeket optimálisan veszi-e figyelembe?	0	0	1	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	13	0,10
5. Célszerű-e a módszer KÁÉ alkalmazására?	0	0	0	0	x	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	5	0,04
6. Flexibilis-e a módszer (új adattal könnyen bővíthető)?	0	0	0	0	0	x	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	5	0,04
7. Univerzális-e a módszer (bármely esetre közvetlenül alkalmazható)?	0	0	0	0	1	1	x	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	5	0,04
8. Alkalmas-e a módszer különböző esetek összehasonlítására?	1	1	1	0	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	0,10
9. A módszer egyetlen környezeti elem vizsgálatára is alkalmas? (informativitás)	1	1	0	0	1	1	1	0	x	0	1	0	0	0	0	1	0	7	0,05
10. Független a módszer a jogszabályi változásoktól? (határértékek)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	0	0	1	1	1	1	0	5	0,04
11. Alkalmas-e a módszer olyan környezeti paraméterek elemzésére, melyekre nincs határérték megállapítva?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	0	0	0	0	1	0	2	0,01
12. A módszer közvetlenül alkalmazható-e a nemzetközi gyakorlatban?	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	x	1	1	0	1	0	12	0,09
13. Alkalmas-e a módszer a jelentős környezeti hatások azonosítására?	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	x	0	1	0	1	5	0,04
14. A módszer szolgált-e kvalitatív eredményeket?	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	x	0	1	0	6	0,04
15. A módszer szolgált-e kvantitatív eredményeket?	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	x	1	0	11	0,08
16. A metodika könnyen kezelhető-e?	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	x	0	2	0,01
17. A módszer végkövetkeztetése egyértelmű-e?	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	x	14	0,10
18. Dummy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
																		136	1

Második lépésként elvégeztem a vizsgált mennyiségi módszerek értékelését minden egyes kritérium vonatkozásában, ezáltal megállapítva az alternatív választási együtthetők (ACC) [126]. Az 1. kritérium alapján elvégzett összehasonlító értékelést és eredményt a **117. táblázat** tartalmazza.

117. táblázat: A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlító értékelése az 1. kritérium alapján

1. Súlyoz-e környezeti paraméterenként?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	X	0	0	1	0	1	2	0,13	
I _M	1	X	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	1	0	X	1	0	1	3	0,20	
Topsis-Saw	0	0	0	X	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	X	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	X	0	0,00	
							Σ	15	1

A 2-17. kritériumok figyelembevételével történő összehasonlítást tartalmazó táblázatok a **11.11 melléklet**ben találhatók.

A második lépés szerinti összehasonlító értékelést minden egyes kritérium szerint elvégeztem, melynek eredményeit a **118. táblázat** tartalmazza.

118. táblázat: A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlító értékelése

Kritérium sor-száma	FIC	ACC					FIC*ACC				
		I _{PG}	I _M	Battelle	TOPSIS-SAW	I _{KMI}	I _{PG}	I _M	Battelle	TOPSIS-SAW	I _{KMI}
1.	0,07	0,13	0,27	0,20	0,07	0,33	0,010	0,020	0,015	0,005	0,025
2.	0,07	0,13	0,27	0,20	0,07	0,33	0,009	0,018	0,013	0,004	0,022
3.	0,08	0,20	0,27	0,13	0,07	0,33	0,016	0,022	0,011	0,005	0,027
4.	0,10	0,07	0,27	0,20	0,13	0,33	0,006	0,025	0,019	0,013	0,032
5.	0,04	0,27	0,20	0,13	0,07	0,33	0,010	0,007	0,005	0,002	0,012
6.	0,04	0,20	0,27	0,07	0,13	0,33	0,007	0,010	0,002	0,005	0,012
7.	0,04	0,13	0,27	0,20	0,07	0,33	0,005	0,010	0,007	0,002	0,012
8.	0,10	0,13	0,27	0,20	0,07	0,33	0,014	0,027	0,021	0,007	0,034
9.	0,05	0,13	0,07	0,20	0,27	0,33	0,007	0,003	0,010	0,014	0,017
10.	0,04	0,20	0,13	0,27	0,33	0,07	0,007	0,005	0,010	0,012	0,002
11.	0,01	0,27	0,13	0,20	0,33	0,07	0,004	0,002	0,003	0,005	0,001
12.	0,09	0,20	0,13	0,27	0,33	0,07	0,018	0,012	0,024	0,029	0,006
13.	0,04	0,07	0,20	0,13	0,27	0,33	0,002	0,007	0,005	0,010	0,012
14.	0,04	0,20	0,27	0,13	0,07	0,33	0,015	0,020	0,010	0,005	0,025
15.	0,08	0,13	0,27	0,20	0,07	0,33	0,009	0,018	0,013	0,004	0,022
16.	0,01	0,33	0,27	0,20	0,07	0,13	0,027	0,022	0,016	0,005	0,011
17.	0,10	0,20	0,27	0,13	0,07	0,33	0,021	0,027	0,014	0,007	0,034
Összesített pontszám:							0,186	0,254	0,198	0,136	0,307

A vizsgálat harmadik lépéseként összeszoroztam a kritériumokra vonatkozó faktor fontossági együttható (FIC) értékeket az alternatív választási együtthatókkal (ACC) végül összesítettem az egyes mennyiségi módszerek tekintetében számolt szorzatokat [126]. Így a **118. táblázat**ban bemutatott összesített pontszámok alapján felállítottam egy rangsort a vizsgált mennyiségi módszerek között.

$$TOPSIS - SAW (0,136) \rightarrow I_{PG} (0,186) \rightarrow Battelle (0,198) \rightarrow I_M (0,254) \rightarrow I_{KMI} (0,307)$$

A vizsgált mennyiségi módszerek alkalmazhatósága környezetállapot-értékelés folyamatában a nyilak irányában növekszik. A vizsgálat során megállapítottam, hogy az öt környezetállapot-értékelést szolgáló mennyiségi módszer közül, a vizsgálati szempontok alapján, a saját az informatív környezetminősítő index módszer a legalkalmasabb.

7.3 A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlító értékelése

A vizsgált mennyiségi módszerek „használhatóságát” két különböző módszerrel vizsgáltam. Mindkét módszer esetében 17 pontból álló kritériumrendszer figyelembevételével vizsgáltam a mennyiségi módszerek környezetállapot-értékelés céljára történő alkalmazhatóságát. Mindkét vizsgálat során azonos eredményre jutottam.

Megállapítottam, hogy a feladatra legkevésbé a TOPSIS-SAW módszer alkalmas megjegyezve, hogy többtényezős döntések előkészítésére kiválóan megfelelő lehet, azonban környezetállapot változásának vizsgálatára kevésbé alkalmas. A módszer nem veszi figyelembe a környezeti paraméterek tekintetében előírt határértékeket, további mérési adattal történő bővítése rendkívül nehézkes.

Ezt a komplex környezetszennyezési index módszer (I_{PG}) követi, majd a Battelle módszer. A módszerek használatának bizonytalansága teszi e két módszert kevésbé megbízhatóvá a feladat ellátására.

Megállapítottam, hogy környezetállapot-értékelés feladatára jól alkalmazható az integrált mennyiségi módszer (I_M). Bár nemzetközi gyakorlatba történő közvetlen átültetését nehezíti a nemzeti szabályozás által meghatározott környezeti paraméterekre vonatkozó határértékek különbözősége. Illetve bár figyelembe veszi a szélsőséges kibocsátási értékeket, azonban azok esetenként a végkövetkeztetést is szélsőségesen torzítják.

A mennyiségi módszerek értékelése során megállapítottam, hogy az általam fejlesztett informatív környezetminősítő index módszer (I_{KMI}) a legalkalmasabb környezetállapot-értékelés elvégzésére. A módszer mind környezeti paraméter (szemben a komplex környezetszennyezési index (I_{PG}) és az integrált mennyiségi módszerrel (I_M)), mind környezeti elem (ellentétben a komplex környezetszennyezési index (I_{PG}), a Battelle és a TOPSIS-SAW módszerekkel) tekintetében tartalmaz súlyozást.

Figyelembe veszi a határértékeket, alkalmas a jelentős környezeti hatások azonosítására is, mert nem fedi el a vizsgált környezeti paraméterek tekintetében esetlegesen mért szélsőséges kibocsátási mennyiségeket. Emellett a szélső értékeket optimálisan veszi figyelembe, így a szélsőséges értékek nem okoznak a végkövetkeztetés tekintetében aránytalan torzítást.

A módszer flexibilis, amennyiben a vizsgálat során újabb környezeti paraméter tekintetében áll rendelkezésre vizsgálati eredmény, azzal az értékelés könnyen bővíthető.

A módszer bármely esetre közvetlenül alkalmazható, mivel rendelkezésre áll a referencia adatbázis.

A módszerrel akár területi és/vagy technológiai alternatívák is összehasonlíthatók, ellenben a TOPSIS-SAW módszerrel.

Az informatív környezetminősítő index módszerrel (I_{KMI}) akár egyetlen környezeti elem is vizsgálható, az informativitás csökkenése nélkül.

A módszer előnyéből adódik legnagyobb hátránya is, miszerint a határértékek figyelembevétele miatt érzékeny a jogszabályi változásokra, illetve a nemzetközi gyakorlatba történő átültethetőségét is nehezíti.

Amellett, hogy a módszerrel a határértékek figyelembevételével történik a környezetállapot-értékelés, akár olyan esetekben is alkalmazható, amikor ugyan jogszabályban nincs előírt határérték, azonban számszerűsíthető egy elérni kívánt célérték.

Az általam fejlesztett mennyiségi (informatív környezetminősítő index módszer (I_{KMI})) módszer a mennyiségi eredmények mellett minőségi értékelést is tartalmaz, ellenben a

vizsgált mennyiségi (komplex környezetszennyezési index (I_{PG}), integrált mennyiségi módszer (I_M), Battelle és a TOPSIS-SAW) módszerekkel.

Az informatív környezetminősítő index módszer (I_{KMI}) alkalmazása során nem egyetlen végeredmény születik, hanem a környezet állapotának vizsgálata során részlépésenként, több szinten (környezeti paraméter, környezeti elem és a környezet egészének tekintetében) szolgáltat eredményt, ezáltal segítve a végkövetkeztetést.

Az informatív környezetminősítő index módszer (I_{KMI}) használata nem tartalmaz bizonytalanságot, lépései egyértelműek és egzaktak.

Disszertációm eredményeképpen a módszer kialakításakor sikerült kiküszöbölni az irodalomban fellelt és használt módszerek hátrányait. A módszer figyelembe veszi a határértékeket, objektíven súlyoz, a környezeti paraméterek kiugró értékeit kellő mértékben veszi figyelembe. A vizsgálat menete több lépcsős értékelést végez környezeti paraméter, környezeti elem/komponens szintjén és a környezet egészét tekintve egyaránt. A grafikus értékelés pedig jól szemlélteti az eredményeket, ezzel könnyen áttekinthetővé téve az értékelést.

8 Tudományos eredmények

- 1.) Módszert dolgoztam ki a Battelle-féle környezetállapot-értékelési módszer továbbfejlesztésére, a környezeti paraméterek paraméterfontossági egységeinek az eredeti módszertől eltérő meghatározására azon célból, hogy a Battelle-féle módszer tárgyilagosabbá váljon. A környezeti paraméterek paraméterfontossági egységeinek a meghatározásánál a környezeti paraméter kibocsátási határértékének fordított arányú súlyozását alkalmaztam. Zirc város esettanulmánya alapján igazoltam, hogy a Battelle-féle módszer ilyen irányú továbbfejlesztése a paraméterfontossági egységek megállapításához koherens és megbízhatóbb eredményeket szolgáltat az eredeti Battelle-féle módszerhez képest.
 - 2.) Kifejlesztettem az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszert, amelynek algoritmusai összhangban van a jogszabályi és egyéb előírásokkal. Az algoritmus a határérték szigorúsági konstans ($K_{HÉSzi}$) meghatározásával kezdődik és minden érintett környezeti paraméter, illetve környezeti elem/komponens figyelembevételével eredményezi az egész környezet minőségét jellemző informatív környezetminősítő indexet (I_{KMI}) az alábbi folyamatábra (26. ábra) szerint. Az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszer algoritmusában a vizsgált helyszín/projekt/beruházás környezeti állapot értékelése három lépésben/különböző szinteken történik. Az első szinten a környezeti paraméterekre, a második szinten a környezeti elemekre, majd a harmadik szinten a környezet egészére vonatkozóan történik a vizsgálat.
 - 2.1) Módszert dolgoztam ki az általam bevezetett és definiált határérték szigorúsági konstans ($K_{HÉS}$) meghatározása céljából, amely a környezetállapot-értékelési módszer objektivitását biztosítja azáltal, hogy a súlyozás a környezeti paraméterek tekintetében előírt határértékek nagysága alapján történik.
- Környezeti elemenként vizsgáltam a környezeti paraméterkészletet, kiválasztottam a paraméterkészlet legkisebb és legnagyobb határértékét. A kettő közötti intervallumot értéktartományokra osztottam. A két végpont közé természetes logaritmusos illesztést alkalmaztam, amely a határérték nagyságrendje alapján eredményezi a környezeti paraméter határérték szigorúsági konstansát. Az alábbi

diagram (27. ábra) trendvonal egyenlete alapján kiszámoltam az egyes nagyságrend értékekhez (x tengely) tartozó y értékeket, amelyek a módszer határérték szigorúsági (HÉSZ) konstansát ($K_{HÉSZ}$) eredményezték.

Amennyiben egy környezeti paraméter nagyobb veszélyt jelent a környezetre – az embert is beleértve – alacsonyabb határérték kerül megállapításra, ily módon a határérték szigorúsági konstans jelentésének értelmében a vizsgált környezeti paraméterhez nagyobb környezet minőségi súly rendelhető.

2.2) A környezeti paraméterek minősítése céljából definiáltam a környezeti paraméterek minőségi indexét (I_{PMi}), az adott környezeti paraméterre vonatkozó mért érték és a jogszabályban előírt határérték hányadosaként. Meghatároztam a környezeti paraméter minőségi faktorát (F_{PMi}) a környezeti paraméterre vonatkozó határérték szigorúsági konstans ($K_{HÉSZ}$) alapján. A környezeti paraméterek minőségi indexe (I_{PMi}) és paraméter minőségi faktora (F_{PMi}) alapján számítógépes értékelést végeztem (29. ábra – 30. ábra).

2.3) Az adott környezeti elem minősítése céljából definiáltam a környezeti paraméterek minőségi indexét az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) módszer algoritmusa értelmében a környezeti elem tekintetében vizsgált környezeti paraméterek mért értékei által okozott terhelések összesítése alapján. A környezeti elem minősítése céljából a vizsgált környezeti paramétereket egy diagramon ábrázoltam az 28. ábra szerint.

Összefüggést állítottam fel a vizsgált környezeti paraméterek által a környezeti elemre vonatkozó terhelés kiszámítása céljából, mely értelmében az egyes környezeti paraméterekre számolt környezeti paraméter minőségi mutatók (M_{PMi}) összegzendők. A környezet egészének vizsgálatát megelőzőn az értékelést minden egyes környezeti elem/komponens tekintetében el kell végezni.

2.4) Kritérium rendszert állítottam fel a környezet minősítése céljából. Az egyes osztályokat a referencia területek alapján számított sugár értékek figyelembevételével határoztam meg, melyek a környezet terheltségét jelképezik. A R_{10} - R_{30} - R_{50} osztályok a jó/elfogadható környezetminőséget, az R_{70} - R_{90} - R_{100} osztályok a legfeljebb a kibocsátási határérték szintjén szennyezett környezetminőséget, az R_{110} - R_{150} - R_{200} - R_{300} osztályok a határérték felett szennyezett/erősen szennyezett környezetminőségű kategóriákat jelentik.

- 2.5) A környezet állapotának minősítésére bevezettem az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) értéket. Az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) kiszámítását a környezeti elem minőségi index (I_{eMj}) – a környezeti paraméterek minőségi indexének (I_{PMi}) átlaga – és a környezeti elem minőségi faktor (F_{eMj}) – a vizsgált környezeti elem tekintetében gyakorlatilag vizsgált környezeti paraméterek számának és a jogszabály által előírt elméleti paraméter szám arányából számolva – figyelembevételével meghatározott környezeti elem minőségi mutató (M_{eMj}) érték alapján végeztem el.
- 3.) Definiáltam a környezetterhelési jellemző fogalmát (R_Q), mely a vizsgált terület igénybevételét/terheltségét reprezentálja. Az a környezetterhelési jellemző (R_Q) értéket az informatív környezetminősítő index (I_{KMI}) és az informativitási jellemző érték (J_k) figyelembevételével határoztam meg. A környezetterhelési jellemző alapján eldönthető, hogy a helyszín alternatívára telepíthető-e további környezetterhelő tevékenység.
- 4.) Az informatív környezetminősítő módszerrel értékelve az esettanulmányokat megállapítottam, hogy az általam kifejlesztett módszer a valóságnak megfelelő, reális módon határozza meg a vizsgált esetek környezetállapotát/környezeti teljesítményét (**62. ábra**). Még Zirc esetében a nitrát túlterhelések miatt alkalmanként a R_{110} és R_{150} -es környezet minőségi osztályokat is meghaladja a környezet állapotának terheltsége, addig a DMHU kiváló környezeti teljesítménnyel rendelkezik, alig haladja meg a R_{10} -es környezet minőségi osztályt. Ezzel szemben az kolontári vörösiszap katasztrófát követő másnap a Kolontár térségében vizsgált környezeti paraméterek alapján elmondható, a térség környezetállapota „degradált terület, melyhez a térség természetes társulásai nem képesek alkalmazkodni”. A vörösiszap katasztrófa esetén a környezetállapot nem hogy az R_{300} -as környezet minőségi osztályt meghaladta, de a vizsgált környezeti paraméterek figyelembevételével a környezetterhelést $R_Q = 1362,61$ értékben állapítottam meg, ami átlagosan a vizsgált környezeti paraméterek esetében az előírt határértékek több, mint 13-szoros túllépését jelenti.

Ezek alapján bizonyítottam az általam kifejlesztett informatív környezetminősítő index módszer (I_{KMI}) alkalmazhatóságát, a korábban vizsgált esettanulmányokra alkalmazva. A Zirc esettanulmány alapján megállapítottam, hogy a módszer

hiányos adatok esetén is képes összehasonlítható eredményeket adni (2013. tél V3-L3 mérési pont esetében nem állt rendelkezésre levegőminőség vizsgálati eredmény). A kolontári esettanulmány bizonyította, hogy az informatív környezetminősítő index módszer (I_{KMI}) szélsőséges/extrem körülmények között is megbízható módon alkalmazható.

9 Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőmnek Dr. Rédey Ákos egyetemi tanárnak, aki szakmai tanácsaival, építő jellegű kritikáival töretlenül támogatott és a megfelelő irányba terelt a módszer kidolgozása illetve a dolgozat elkészítése során.

Külön köszönet illeti Sebestyén Viktor kollégát, aki kiváló partner volt az együttgondolkodáshoz és innovatív ötleteivel segített, akár hosszú éjszakákon keresztül is a célom elérése érdekében.

Köszönöm Bui Pálnak kollégának, aki szabadidőt sem sajnálva segített a helyszíni mérések elvégzésében, illetve bármilyen téren, bármikor a segítségemre siet, ha van szükségem van rá.

Köszönöm Varga Gábor úrnak, Zirc város önkormányzatának városüzemeltetési ügyintézőjének a helyszíni vizsgálatok lebonyolításakor nyújtott konstruktív együttműködést és a problémák gyors megoldását.

Köszönöm Dr. Kurdi Róbert docens úrnak, aki tanácsokkal látott el a disszertációm megírása során és segít megtanulni

Köszönet Dr. Horváth Erzsébet professzor asszonynak a Kolontári vörösiszap katasztrófa során rektori biztosként és kutatóként egyaránt tanúsított áldozatos munkájáért.

Köszönöm szépen Dr. Domokos Endre intézetigazgató úrnak és barátnak, hogy lehetővé tette és segítette munkámat.

Hálás köszönetem a Környezetmérnöki Intézet minden munkatársának, akik különböző módokon, mérésekkel, javaslatokkal, véleményekkel, néhány kellő helyen és időben kimondott jó szóval, mindannyian hozzájárultak ahhoz, hogy befejezhessem dolgozatomat.

Végül, de nem utolsó sorban, nagyon szépen köszönöm férjemnek, gyerekeimnek és szüleimnek, valamint a tágabb értelemben vett családomnak egyaránt, hogy kibírták és támogattak abban, hogy ezt a lépcsőfokot is teljesíthessem. Tudom, nektek sem volt könnyű, hogy újra és újra távol vagyok. Viktor szavaival élve „Tanárnő bújkál a családja elől”. Hálás szívvel köszönöm, hogy elfogadtátok a kihívást, és hagytátok, hogy tegyem a dolgom.

10 Felhasznált irodalom

- [1] Penrod A., Zhang Y., Wang K., Wu S-Y., Leung L.R.: Impacts of future climate and emission changes on U.S. air quality. *Atmospheric Environment*, Volume 89, June 2014, Pages 533–547.
- [2] S. Wu, L.J. Mickley, E.M. Leibensperger, D.J. Jacob, D. Rind, D.G. Streets: Effects of 2000-2050 global change on ozone air quality in the United States, *Journal. Geophysical Research*, Volume 113, 2008, D06302
- [3] Zhang Y., Hu X., Leung L.R., Gustafson Jr. W.I.: Impacts of regional climate change on biogenic emissions and air quality. *Atmospheric Environment*, Available online 18, January 2014.
- [4] Liu Q., Lam K.S., Jiang F., Wang T.J., Xie M., Zhuang B.L., Jiang X.Y.: A numerical study of the impact of climate and emission changes on surface ozone over South China in autumn time in 2000-2050. *Atmospheric Environment*, Volume 76, September 2013. p 227-237
- [5] Emberson L., Ashmore M., Murray F.: Air pollution impacts on crops and forests. A Global Assessment Imperial College Press, London, U.K. 2003.
- [6] Jiménez-Guerrero P., Montávez J.P., Gómez-Navarro J.J., Jerez S., Lorente-Plazas R.: Impacts of climate change on ground level gas-phase pollutants and aerosols in the Iberian Peninsula for the late XXI century. *Atmospheric Environment*, Volume 55, August 2012. p 483-495
- [7] Lee D.S., Fahey D.W., Forster P.M., Newton P.J., Wit R.C.N., Lim L.L., Owen B., Sausen R.: Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric Environment*, Volume 43, Issues 22-23, July 2009. p 3520-3537
- [8] Dawson J.P., Racherla P.N., Lynn B.H., Adams P.J., Pandis S.N.: Simulating present-day and future air quality as climate changes: Model evaluation. *Atmospheric Environment*, Volume 42, Issue 19, June 2008. p 4551-4566
- [9] Az Európai Parlament és a Tanács 1600/2002/EK határozata (2002. július 22.) a hatodik közösségi környezetvédelmi cselekvési program megállapításáról

- [Hivatalos Lap L 242., 2002.9.10.] http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128027_hu.htm letöltés ideje: 2014.05.05.
- [10] Nooteboom S.: Impact assessment procedures for sustainable development: A complexity theory perspective. *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 27, Issue 7, October 2007. p 645-665
- [11] 96/2009. (XII. 9.) OGY határozat a 2009-2014 közötti időszakra szóló Nemzeti Környezetvédelmi Programról, forrás: Nemzeti Jogszabálytár, <http://njt.hu/>, letöltés ideje: 2014.01.14.
- [12] Európai Unió - 7. Cselekvési terv, a „Jólét bolygónk felélése nélkül” című, a 2020-ig tartó időszakra szóló általános uniós környezetvédelmi cselekvési programról szóló európai parlamenti és tanácsi határozatra irányuló javaslatról <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2013-0166+0+DOC+PDF+V0//HU> letöltés ideje: 2014.01.14.
- [13] <http://www.kormany.hu/hu/vidékfejlesztési-minisztérium/környezetugyert-felelos-allamtitkarsag/hirek/elkeszult-a-4-nemzeti-környezetvédelmi-program> letöltés ideje: 2014.01.14.
- [14] Wallington T., Bina O., Thissen W.: Theorising strategic environmental assessment: Fresh perspectives and future challenges, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 27, Issue 7, October 2007. p 669-684
- [15] Bond R., Curran J., Kirkpatrick C., Lee N., Francis P.: Integrated impact assessment for sustainable development: A Case Study Approach, *World Development*, Volume 29, Issue 6, June 2001. p 1011-1024
- [16] Environment Agency: Consensus building for sustainable development. Report No. SD12. Bristol: Environmental Agency 1998.
- [17] George, C.: Sustainability assessment through integration of environmental assessment with other forms of appraisal: Differences in approach for industrial and developing countries. In N. Lee, & C. Kirkpatrick (Eds.), *Integrated appraisal*

-
- and sustainable development in a developing world Cheltenham: Edward Elgar 2000. p 65-80
- [18] Nemzetközi együttműködés a fenntartható fejlődés jegyében és az Európai Unió fenntartható fejlődési stratégiája, Fenntartható Fejlődés Bizottság, 2002.
- [19] Hulme, D., Taylor, R.: Integrating environmental, economic and social appraisal in the real world: from impact assessment to adaptive management. In N. Lee & C. Kirkpatrick (Eds.), *Integrated appraisal and sustainable development in a developing world* Cheltenham: Edward Elgar 2000. p 81-1000
- [20] United Nations: *Agenda for development*. New York: UN 1997.
- [21] Dryzek J.S.: *The politics of the Earth. Environmental discourses*. Oxford University Press, New York, 1997.
- [22] *Making development sustainable*, W. Sachs (Ed.), *Global ecology: A new arena of political conflict*, Zed Books, London 1993.
- [23] Ekins P., Folke C., De Groot R.: Identifying critical natural capital. *Ecological Economics*, 44, 2003. p 159-163
- [24] Elkington J.: Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California Management Review*, 36., 1994. p 91-100
- [25] Everett J., Neu D.: Ecological modernization and the limits of environmental accounting? *Accounting Forum*, 24 (1) 2000. p 5-29
- [26] Hart S.L.: Beyond greening: Strategies for a sustainable world. *Harvard Business Review*, 75 (1), 1997. p 67-76
- [27] Halsnæs K., Garg A.: Assessing the Role of Energy in Development and Climate Policies – Conceptual Approach and Key Indicators. *World Development*, Volume 39, Issue 6, 2011. p 987-1001
- [28] Girgenti V., Peano C., Bounous M., Baudino C.: A life cycle assessment of non-renewable energy use and greenhouse gas emissions associated with

-
- blueberry and raspberry production in northern Italy. *Science of The Total Environment*, Volumes 458-460. 1, August 2013. p 414-418
- [29] Stringer L. C., Scricciu S. S., Reed M. S.: Biodiversity, land degradation, and climate change: Participatory planning in Romania. *Applied Geography*, Volume 29, Issue 1, January 2009. p 77-90
- [30] Hagerman S. M., Satterfield T.: Entangled judgments: Expert preferences for adapting biodiversity conservation to climate change. *Journal of Environmental Management*, Volume 129, 15, november 2013. p 555-563
- [31] Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F.: Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15, 2012. p 365-377
- [32] Galiana L., Aguilar S., Lázaro A.: An assessment of the effects of forest-related policies upon wildland fires in the European Union: Applying the subsidiarity principle. *Forest Policy and Economics*, Volume 29, April 2013. p 36-44
- [33] Schaefer G. F.: The rise and fall of subsidiarity. *Futures*, Volume 23, Issue 7, September 1991. p 681-694
- [34] Stedman J. R., Derwent R. G.: On the relationship between PM_{2.5} concentrations and regional-scale primary PM emissions for the United Kingdom: an issue of subsidiarity. *Environmental Science & Policy*, Volume 11, Issue 3, May 2008. p 217-226
- [35] Tan F., Lu Z.: Study on the interaction and relation of society, economy and environment based on PCA-VAR model: As a case study of the Bohai Rim region, China, *Ecological Indicators*, Volume 48, January 2015. p 31-40
- [36] Costantini V., Monni S.: Environment, human development and economic growth. *Ecol. Econ.*, 64 2008. p 867-880
- [37] Ostrom E.: A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325 2009. p 419-422

-
- [38] Patterson T., Gulden T., Cousins K., Kraev E.: Integrating environmental, social and economic systems: A dynamic model of tourism in Dominica, *Ecol. Model.*, 175 2004. p 121-136
- [39] Ma S.J., Wang R.S.: The social-economic-natural complex ecosystem. *Acta Ecol. Sin.*, 4 1984. p 1-9
- [40] Canter L.W.: *Environmental Impact Assessment*. McGraw-Hill, Inc. 1996. Second Edition
- [41] U.S. Congress, National Environmental Policy Act. P.L. 91-190, S. 1075, 91st Congress 1970.
- [42] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration: *Environmental Impact and Related Statements*. app. F, Policy and Procedure Memorandum 90-1, Washington, D.C., Sept. 1972.
- [43] U.S. Environmental Protection Agency (EPA): *Application of the National Environmental Policy Act to EPA's Environmental Regulatory Activities*. Washington, D.C., Feb 1973.
- [44] Walther A.: *Earth Climate: Past, Present, Future*. Ecocycle Workshop, Palermo, Sicily, 16, July 2013.
- [45] Manzoor S., Korre A., Durucan S., Simperler A.: Atmospheric Chemistry Modelling of Amine Emissions from Post Combustion CO₂ Capture Technology, *Energy Procedia*, Volume 63, 2014. p 822-829
- [46] Dunn S.M., Towers W., Dawson J.J.C., Sample J., McDonald J.: A pragmatic methodology for horizon scanning of water quality linked to future climate and land use scenarios, *Land Use Policy*, Volume 44, March 2015. p 131-144
- [47] Rodrigues L.T., Gillott M., Tetlow D.: Summer overheating potential in a low-energy steel frame house in future climate scenarios. *Sustainable Cities and Society*, Volume 7, July 2013. p 1-15

-
- [48] Szilágyi P., Magyar E., Tombácz E.: Hatásvizsgálat, felülvizsgálat. Környezetvédelmi kiskönyvtár sorozat 4. kötet, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1997.
- [49] Breakell, M. & J. Glosson (eds) Environmental impact assessment: From theory to practice. School of Planning, Oxford Polytechnic, 1981.
- [50] Breese, G. et al.: The impact of large installations on nearby urban areas. Los Angeles, Sage. 1965.
- [51] Wathern, P. (ed): Environmental impact assessment: theory and practice. London, Unwin Hyman, 1988.
- [52] Westman, W. E.: Ecology, impact assessment and environmental planning. New York, John Wiley. 1985.
- [53] Wood, C.: The genesis and implementation of environmental impact assessment in Europe. In The role of environmental impact assessment in the planning process, M. Clark & J. Herington (eds), 88-102. London, Mansell 1988.
- [54] US Environmental Protection Agency. Sourcebook for the environmental assessment (EA) process. 1993.
- [55] Orloff, N.: The National Environmental Policy Act: Cases and materials. Washington DC: Bureau of National Affairs 1980.
- [56] Environmental impacts of production of virgin secondary paper, glass and rubber products. U.S. Environmental Protection Agency, Gordian Associates, Inc., Washington 1975.
- [57] An investigation of the economic and environmental benefits of recycling as exemplified in corrugated box manufacture, Gordian Associates, Inc., New York 1973. p 64
- [58] Jones, C.E., Lee N., Wood C.M.: UK environmental statements 1988-1990: an analysis. Occasional Paper 29, Department of Planning and Landscape, University of Manchester, 1991.

-
- [59] Lichfield, N.: Environmental assessment. *Journal of Planning and Environmental Law*, November 1989. p 32-50
- [60] Council Directive of 27 June 1985 on the Effects of Certain Public and Private Projects on the Environment (85/337/CEC) az Európai Gazdasági Közösség (EK) Környezetvédelmi Tanácsa által elfogadott határozat a környezeti hatásvizsgálatról
- [61] Tesli A., Husby S.R.: EIA in a transboundary context: Principles and challenges for a coordinated nordic application of the espoo convention. *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 19, Issue 1, January 1999. p 57-84
- [62] Hildén M., Furman E.R.: Assessment across borders: Stumbling blocks and options in the practical implementation of the Espoo Convention. *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 21, Issue 6, December 2001. p 537-551
- [63] Tesli A., Husby S.R.: EIA in a transboundary context: Principles and challenges for a coordinated nordic application of the espoo convention. *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 19, Issue 1, January 1999. p 57-84
- [64] State of California, Governor's Office of Planning and Research. CEQA: California Environmental Quality Act – statutes and guidelines. Sacramento: State of California 1992.
- [65] Environmental impact statement proposed continental shelf oil and gas lease sale offshore central California OCS sale no. 73. US Department of Interior Minerals Management Service; *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 4, Issues 3-4, December 1983. p 387-404
- [66] California Coastal Commission: Comments of the California Coastal Commission on the draft environmental impact statement Lease Sale 73, Santa Maria Basin; California Coastal Commission, San Francisco, 1983.
- [67] United States Agency for International Development Procedures. *Federal Register* 22(216) 1978.

- [68] <http://www.eea.europa.eu/> Az Európai Környezeti Hivatal (European Environment Agency – EEA) hivatalos honlapja, letöltés ideje: 2013.05.05.
- [69] A Tanács 1210/90/EGK rendelete (1990. május 7.) az Európai Környezetvédelmi Ügynökség és az európai környezeti információs és megfigyelőhálózat létrehozásáról. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, 15/1. kötet, 396-401, 1990.5.11.
- [70] RESOLUTION on the seat of the European Environment Agency. European Parliament, Political Affairs Committee, 15.06.1990.
- [71] Electronic Information Services (EIS) in the EEA. Computer Law & Security Review, Volume 13, Issue 2, March-April 1997. p 146-147
- [72] Conesa V.: Methodological guide for the environmental impact assessment (in Spanish), Mundi-Prensa Libros, Madrid, 2006.
- [73] Wathern P.: An introductory guide to EIA; P. Wathern (Ed.), Environmental impact assessment: theory and practice, Biddles Ltd, Guilford and King's Lynn, London, 1994. p 3-46
- [74] Crifo P., Forget V.D., Teyssier S.: The price of environmental, social and governance practice disclosure: An experiment with professional private equity investors. Journal of Corporate Finance, Volume 30, February 2015. p 168-194
- [75] Az Európai Parlament és a Tanács 2004/35/EK irányelve: a környezeti károk megelőzése és felszámolása tekintetében a környezeti felelősségről (2004. április 21.), Az Európai Unió Hivatalos Lapja, 15/8. kötet, p 357-375
- [76] Természetvédelem, Digitális Tankönyvtár, http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_termeszetvedelem/ch17.html letöltés ideje: 2014.10.19.
- [77] Bassim M.N.: Economic Implications of Impact of Manufacturing on Environment and Health. Comprehensive Materials Processing, Volume 8, 2014. p 199-210
- [78] Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.). 2015. 01. 01-én hatályos joganyag szerint

-
- [79] Dr. Kling István egyetemi oktatási segédlet 2010.
- [80] 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól. 2015. 01. 01-én hatályos joganyag szerint
- [81] Rédey Á., Módi M., Tamaska L.: Környezetállapot-értékelés. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2002.
- [82] Munn, R. E.: Environmental impact assessment: principles and procedures. New York: John Wiley, 1979.
- [83] DOE (Department of the Environment): Environmental assessment: a guide to the procedures. London: HMSO. 1989.
- [84] 1991. évi IL. törvény a csődeljárásról és a felszámolási eljárásról. 2015. 01. 02-án hatályos joganyag szerint
- [85] Bándi Gyula: Környezetjog. Osiris Kiadó Kft., Budapest, 2006.
- [86] 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról. 2015. 04. 01-én hatályos joganyag szerint
- [87] EIA Centre: EIA Guidelines. Leaflet 12, Department of Planning and Landscape, University of Manchester, Manchester, England, Sept. 1992. p 1-8
- [88] Westman W.E.: Ecology. Impact Assessment and Environmental Planning, John Wiley and Sons, New York, 1985. p 10-14.
- [89] Freeman L.R., March F., Spensley J.W.: NEPA Compliance Manual. Government Institutes, Rockville, Md., 1992. p 66-67
- [90] Parker B.C., Howard R.V.: The first environmental monitoring and assessment in Antarctica the Dry Valley drilling project. Biological Conservation 12(2), 1977. p 163-177
- [91] Asian Development Bank: Environmental Evaluation of Coastal Zone Projects: Methods and Approaches. Manila, The Philippines, June 1991. p 13-41

-
- [92] Johnson F.L., Bell D.T.: Guidelines for the Identification of Potential Environmental Impacts in the Construction and Operation of a Reservoir. Forestry Research Rep. 75-6, Department of Forestry, University of Illinois, Champaign, June 1975.
- [93] U.S.Economic DevelopmentAdministration: Final Environmental Statement. Fruit/Church Industrial Park, Fresno, California, Washington, D.C., Feb. 1973.
- [94] Wenger R.B, Rhyner C.R.: Evaluation of alternatives for solid waste systems. Journal of Environmental Systems, 2(2), 1972. p 89-108
- [95] Leopold L.B. at al.: A Procedure for Evaluating Environmental Impact. Circular 645, U.S. Geological Survey, Washington, D.C., 1971.
- [96] McHarg I.: A comprehensive route selection method. Highway Research Record 246. Washington D.C., Highway Research Board, 1968.
- [97] Brîndușa Robu: Evaluarea Impactului și a riscului induse asupra mediului de activități industriale. Doctorat, Iași, 2005.
- [98] Dee N, et al.: Environmental Evaluation System for Water Resources Planning. Final Rep., Battelle-Columbus Laboratories, Columbus, Ohio, 1972.
- [99] Dee N, et al.: Planning Methodology for Water Quality Management: Environmental Evaluation System. Battelle-Columbus Laboratories, Columbus, Ohio, July 1973.
- [100] Hwang C. L., Yoon K.: Multiple Attribute Decision Making. Berlin/Heidelberg/New-York: Springer Verlag, 1981.
- [101] Churchman C. W., Ackoff R. L., Arnoff E. L.: Introduction to Operations Research. Wiley Publisher, New York, ISBN 047-115-774-0, 1971.
- [102] Putarich I.V: A Tiszatér vajdasági szakaszának vízkészletvizsgálata. Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 27: 135-146, 2012.
- [103] Churchman, C.W., Ackoff, R.L, Arnoff, E.L: Introduction to Operations Research. New York, Wiley, 1957.

- [104] Környezeti állapotfelmérés és -értékelés a Bakonyi Önkormányzatok Szövetségéhez tartozó településeken. Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék, Veszprém, 2006. aug. 9. KK-munka jelentés
- [105] DENSO Manufacturing Hungary Kft. Székesfehérvári üzemének 2012. évi mérési adatai környezeti teljesítményértékeléshez (belső anyag, excel táblázat)
- [106] 2010. október 4-i vörösiszap katasztrófát követően végzett mérések eredményei Kolontár térségében. www.uni-pannon.hu Hírszolgáltatás. utolsó letöltés: 2012. december
- [107] Vizeink minősége – 2000. Környezetvédelmi Minisztérium, 2001.
- [108] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Zirc>, letöltés ideje: 2013.05.21.
- [109] http://www.ksh.hu/docs/hun/xtabla/veszpremnep/tablvn09_1_02.html, letöltés ideje: 2013.10.22.
- [110] Csordás A., Eck-Varanka B., Horváth I., Lukács D., Merényi A.: Zirc városának állapotfelmérése és a városon áthaladó Cuha-patak vízminőségének vizsgálata. Tervezési gyakorlati beszámoló, Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet, 2013.
- [111] Google térkép: <https://maps.google.hu/maps?hl=hu>
- [112] 4/2011. (I. 14.) VM rendelet a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről. 2013. 12. 24-én hatályos joganyag szerint
- [113] 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről. 2015. 03. 01-én hatályos joganyag szerint
- [114] 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól. 2015. 01. 01-én hatályos joganyag szerint

- [115] 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól. 2014. 11. 29-én hatályos joganyag szerint
- [116] Németh J., Sebestyén V.: Környezetállapot-értékelési módszerek adaptációja. Oktatási segédlet, Pannon Egyetem, 2012.
- [117] DENSO Manufacturing Hungary Kft. egységes környezethasználati engedélye (Határozat), 2009.09.25.
- [118] Kémiai helyesírási szótár. Műszaki Kiadó, Budapest, 1982.
- [119] A magyar kémiai elnevezés és helyesírás szabályai 1-2 kötet. Akadémiai Kiadó, 1972.
- [120] Utasi, A., Robu, B., Németh, J., Sebestyén, V., Rédey Á.: Advanced Quantitative Environmental Impact Assessment Method, Environmental Legislation. Safety Engineering and Disaster Management International Conference, Cluj-Napoca, Romania, October 25-27, 2012.
- [121] 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről. 2014. 11. 29-én hatályos joganyag szerint
- [122] Utasi, A., Yuzhakova, T., Domokos, E., Sebestyén, V., Németh, J., Dióssy, L., Robu, B., Rédey, Á.: Advanced Environmental Impact Assessment Quantitative Method for Red Mud Disposal Facilities. Global Conference on Environmental Studies, Antalya, Turkey, 24-27, April 2013.
- [123] http://www.kvvm.hu/balaton/lang_hu/balweb.htm, A Balaton vízkészlet-gazdálkodása, vízminőség-ellenőrzése, Földművelésügyi Minisztérium és Intézményei, letöltés ideje: 2014.10.29.
- [124] OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) Eutrophication of Waters. Monitoring assessment and control. Final Report. OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate, OECD, Paris, 1982. 154 p

-
- [125] Baracskai Zoltán: DOCTUS kézikönyv. <http://www.doctus.hu/hu/doc/> letöltés ideje: 2013.05.05.
- [126] Dean, B. V., Nishry, J. J.: Scoring and Profitability Models for Evaluating and Selecting Engineering Products. Journal Operations research Society of America, vol 13, no. 4, July-Aug 1965. p 550-569
- [127] J.H. Ross: The Numeric Weighting of Environmental Interactions. Occasional Paper no. 10, Land Directorate, Environment Canada, Ottawa, July 1976.
- [128] Rédey Á., Utasi A., Yuzhakova T., Dióssy L.: Környezetállapot értékelés, Környezetmérnöki tudástár XXX. kötet., ISBN: 978-615-5044-97-7, <http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/>
- [129] Robu, B., Bulgariu, L., Bulgariu, D., Macoveanu, M.: Quantification of impact and risk induced in surface water by heavy metals: Case study – Bahlui River Iasi (Article), Environmental Engineering and Management Journal, Volume 7, Issue 3, May 2008, Pages 263-267

11 Mellékletek

11.1 Melléklet az I. esettanulmányhoz: Környezetminőségi osztályjegyek meghatározása Zirc város esetében

Zirc város környezetállapotának I_{PG} módszerrel történő vizsgálatakor minden egyes mérési pont illetve időpont esetében a környezeti elemek tekintetében vizsgált környezeti paraméterekre környezetminőségi osztályjegyet kell meghatározni. A **11.1 melléklet** tartalmazza az összes vizsgálat táblázatos összefoglalását. A táblázatok fejlécében a környezeti elem, a mérési helyszín jelölése és a mérés időszaka található, melyekkel egyértelműen beazonosíthatók az adatsorok.

Vízminőségi paraméterek (V1; 2006. nyár)							
Minőségi osztály [J_{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10		Jó	100	1000	100	10	1
Környezetminőségi osztály jegy [J_{fv}]		8	10	4	8	8	10

Vízminőségi paraméterek (V2; 2006. nyár)							
Minőségi osztály [J_{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10		Jó	100	1000	100	10	1
Környezetminőségi osztály jegy [J_{fv}]		8	10	1	8	10	10

Vízminőségi paraméterek (V3; 2006. nyár)							
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10	Jó	100	1000	100	10	1	10
Környezetminőségi osztály jegy[J _{fv}]		7	9	1	6	9	10

Vízminőségi paraméterek (V1; 2013. tél)							
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10	Jó	100	1000	100	10	1	10
Környezetminőségi osztály jegy[J _{fv}]		7	10	5	8	8	10

Vízminőségi paraméterek (V2; 2013. tél)							
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10	Jó	100	1000	100	10	1	10
Környezetminőségi osztály jegy[J _{fv}]		7	10	4	9	10	10

Vízminőségi paraméterek (V3; 2013. tél)							
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10	Jó	100	1000	100	10	1	10
Környezetminőségi osztály jegy[J _{fv}]		7	10	5	9	8	10

Vízminőségi paraméterek (V1; 2013. nyár)							
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	3	4	5	6	7	9
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10	Jó	100	1000	100	10	1	10
Környezetminőségi osztály jegy[J _{fv}]		7	8	8	9	7	8

Vízminőségi paraméterek (V2; 2013. nyár)							
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	3	4	5	6	7	9
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10	Jó	100	1000	100	10	1	10
Környezetminőségi osztály jegy[J _{fv}]		7	10	3	9	7	8

Vízminőségi paraméterek (V3; 2013. nyár)							
Minőségi osztály [J _v]	Minőségi kategóriák	3	4	5	6	7	9
		Vezetőképesség	KOI	NO ₃	NH ₄	Fe	PO ₄
1	Határértéket erősen túllépő	10000	80000	20000	3000	1500	1700
2		5000	70000	15000	2000	1000	1250
3	Határértéket meghaladó	3500	60000	10000	1500	800	900
4		2750	50000	7500	1000	500	600
5	Határérték közeli	1500	40000	5000	600	300	375
6		1000	30000	2000	400	200	200
7		800	20000	1250	250	100	175
8	Megfelelő	500	10000	750	150	50	125
9		250	5000	250	50	25	50
10	Jó	100	1000	100	10	1	10
Környezetminőségi osztály jegy[J _v]		6	8	2	9	7	6

Levegő minőségi paraméterek (L1; 2006. nyár)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		75	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	50	100	3000	50	2	20
9		25	50	1500	20	1	10
10	Jó	1	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	7	10	10

Levegő minőségi paraméterek (L2; 2006. nyár)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		75	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	50	100	3000	50	2	20
9		25	50	1500	20	1	10
10	Jó	1	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	7	8	10

Levegő minőségi paraméterek (L3; 2006. nyár)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		75	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	50	100	3000	50	2	20
9		25	50	1500	20	1	10
10	Jó	1	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	6	9	9

Levegő minőségi paraméterek (L1; 2013. tél)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		75	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	50	100	3000	50	2	20
9		25	50	1500	20	1	10
10	Jó	1	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	8	6	7

Levegő minőségi paraméterek (L2; 2013. tél)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		75	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	50	100	3000	50	2	20
9		25	50	1500	20	1	10
10	Jó	1	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	8	8	9

Levegő minőségi paraméterek (L1; 2013. nyár)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		75	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	50	100	3000	50	2	20
9		25	50	1500	20	1	10
10	Jó	1	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	7	10	9

Levegő minőségi paraméterek (L2; 2013. nyár)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		75	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	50	100	3000	50	2	20
9		25	50	1500	20	1	10
10	Jó	1	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	7	10	9

Levegő minőségi paraméterek (L3; 2013. nyár)							
Minőségi osztály [J _i]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5	6
		NO ₂	NO _x	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
1	Határértéket erősen túllépő	700	1000	50000	1000	50	400
2		500	800	30000	750	30	300
3	Határértéket meghaladó	300	600	20000	500	20	200
4		200	400	15000	350	15	100
5	Határérték közeli	150	300	12000	200	12	75
6		100	200	10000	120	10	50
7		80	150	7500	80	5	30
8	Megfelelő	60	100	3000	50	2	20
9		45	50	1500	20	1	10
10	Jó	30	10	100	10	0,1	1
Környezetminőségi osztály jegy[J _i]		10	10	10	8	10	9

11.2 Melléklet az I. esettanulmányhoz: Környezeti elemjegy meghatározása Zirc város esetében

Zirc város környezetállapotának I_{PG} módszerrel történő vizsgálatokor minden egyes mérési pont illetve időpont esetében a vizsgált környezeti elemekre környezeti elemjegy kerül meghatározásra. Az alábbi táblázat e jegyek összefoglalását tartalmazza. A táblázatok fejlécében a környezeti elem, a mérési helyszín jelölése és a mérés időszaka található, melyekkel egyértelműen beazonosíthatók az adatsorok.

	1-es mérőpont			2-es mérőpont			3-as mérőpont		
	Környezeti elem		summa	Környezeti elem		summa	Környezeti elem		summa
	Felszíni víz	Levegő		Felszíni víz	Levegő		Felszíni víz	Levegő	
paraméter-szám	6	6	12	6	6	12	6	6	12
súly	0,5	0,5		0,5	0,5		0,5	0,5	
2006. nyár									
J_{ei}	8	9,5		7,833	9,167		7	9	
IPG			1,306			1,384			1,563
2013. tél									
J_{ei}	8	8,5		8,333	9,167		8,167		
IPG			1,469			1,306			1,499
2013. nyár									
J_{ei}	7,833	9,333		7,333	9,333		6,333	9,5	
IPG			1,357			1,440			1,596

11.3 Melléklet az I. esettanulmányhoz: Környezeti paraméterek minőségének meghatározása Zirc város vonatkozásában

Zirc város integrált mennyiségi módszerrel történő környezetállapotának vizsgálata során meghatározandó környezeti paraméter minőségi index (Q_{ip}) értékek és a környezeti hatásegység (IM_i) érték.

Környezeti elem (Helyszín-mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték-egység	Határérték	Mért érték	Q_{ip} érték	IM_i érték
Felszíni víz (V1-2006. nyár)	Vezető-képesség	$\mu\text{S/cm}$	1000	754	1,33	377
	KOI	$\mu\text{g/l}$	30000	1500	20,00	25
	NO_3	$\mu\text{g/l}$	2000	11960	0,17	2990
	NH_3	$\mu\text{g/l}$	400	130	3,08	163
	Fe	$\mu\text{g/l}$	200	60	3,33	138,46
	PO_4	$\mu\text{g/l}$	200	20	10	50
Levegő (L1-2006. nyár)	NO_2	$\mu\text{g/m}^3$	100	3,9	25,60	19,53
	NO_x	$\mu\text{g/m}^3$	200	10	20,00	25
	CO	$\mu\text{g/m}^3$	10000	306,5	32,63	15,32
	O_3	$\mu\text{g/m}^3$	120	91,9	1,31	383,04
	C_6H_6	$\mu\text{g/m}^3$	10	0,6	16,93	29,54
	PM_{10}	$\mu\text{g/m}^3$	50	2,8	17,84	28,03

Környezeti elem (Helyszín-mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték-egység	Határérték	Mért érték	Q_{ip} érték	IM_i érték
Felszíni víz (V1-2013. tél)	Vezető-képesség	$\mu\text{S/cm}$	1000	836,7	1,20	418,35
	KOI	$\mu\text{g/l}$	30000	1440	20,83	24,00
	NO_3	$\mu\text{g/l}$	2000	6040	0,33	1510,00
	NH_3	$\mu\text{g/l}$	400	100	4,00	125,00
	Fe	$\mu\text{g/l}$	200	60	3,33	150,00
	PO_4	$\mu\text{g/l}$	200	1,36	147,06	3,40
Levegő (L1-2013. tél)	NO_2	$\mu\text{g/m}^3$	100	15,2	6,58	76,00
	NO_x	$\mu\text{g/m}^3$	200	17,7286	11,28	44,32
	CO	$\mu\text{g/m}^3$	10000	932,2	10,73	46,61
	O_3	$\mu\text{g/m}^3$	120	57,9	2,07	241,25
	C_6H_6	$\mu\text{g/m}^3$	10	10,5	0,95	525,00
	PM_{10}	$\mu\text{g/m}^3$	50	30,32	1,65	303,20

Környezeti elem (Helyszín- mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték- egység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V1-2013. nyár)	Vezető- képesség	μS/cm	1000	861	1,16	430,50
	KOI	μg/l	30000	12800	2,34	213,33
	NO ₃	μg/l	2000	994,5	2,01	248,63
	NH ₃	μg/l	400	80	5,00	100,00
	Fe	μg/l	200	100	2,00	250,00
	PO ₄	μg/l	200	135	1,48	337,50
Levegő (L1-2013. nyár)	NO ₂	μg/m ³	100	1,99	50,25	9,95
	NO _x	μg/m ³	200	2,4544	81,49	6,14
	CO	μg/m ³	10000	188,468	53,06	9,42
	O ₃	μg/m ³	120	88,4814	1,36	368,67
	C ₆ H ₆	μg/m ³	10	0,3156	31,69	15,78
	PM ₁₀	μg/m ³	50	17,7626	2,81	177,63

Környezeti elem (Helyszín- mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték- egység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V2-2006. nyár)	Vezető- képesség	μS/cm	1000	729	1,37	364,50
	KOI	μg/l	30000	1800	16,67	30,00
	NO ₃	μg/l	2000	22590	0,09	5647,50
	NH ₃	μg/l	400	170	2,35	212,50
	Fe	μg/l	200	20	10,00	50,00
	PO ₄	μg/l	200	30	6,67	75,00
Levegő (L2-2006. nyár)	NO ₂	μg/m ³	100	16,8	5,95	84,00
	NO _x	μg/m ³	200	19,7	10,15	49,25
	CO	μg/m ³	10000	535,0	18,69	26,75
	O ₃	μg/m ³	120	93,0	1,29	387,70
	C ₆ H ₆	μg/m ³	10	2,6	3,85	129,99
	PM ₁₀	μg/m ³	50	2,8	17,84	28,03

Környezeti elem (Helyszín- mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték- egység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V2-2013. tél)	Vezető- képesség	μS/cm	1000	877,6	1,14	438,80
	KOI	μg/l	30000	640	46,88	10,67
	NO ₃	μg/l	2000	7640	0,26	1910,00
	NH ₃	μg/l	400	60	6,67	75,00
	Fe	μg/l	200	10	20,00	25,00
	PO ₄	μg/l	200	19,18	10,43	47,95
Levegő (L2-2013. tél)	NO ₂	μg/m ³	100	8,09	12,36	40,45
	NO _x	μg/m ³	200	10,0748	19,85	25,19
	CO	μg/m ³	10000	521,5	19,18	26,08
	O ₃	μg/m ³	120	64,2	1,87	267,50
	C ₆ H ₆	μg/m ³	10	4,06	2,46	203,00
	PM ₁₀	μg/m ³	50	10,89	4,59	108,90

Környezeti elem (Helyszín- mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték- egység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V2-2013. nyár)	Vezető- képesség	μS/cm	1000	985	1,02	492,50
	KOI	μg/l	30000	3300	9,09	55,00
	NO ₃	μg/l	2000	14972,4	0,13	3743,10
	NH ₃	μg/l	400	50	8,00	62,50
	Fe	μg/l	200	100	2,00	250,00
	PO ₄	μg/l	200	169	1,18	422,50
Levegő (L2-2013. nyár)	NO ₂	μg/m ³	100	3,708	26,97	18,54
	NO _x	μg/m ³	200	8,406	23,79	21,02
	CO	μg/m ³	10000	278,77	35,87	13,94
	O ₃	μg/m ³	120	80,77	1,49	336,54
	C ₆ H ₆	μg/m ³	10	0,331	30,21	16,55
	PM ₁₀	μg/m ³	50	16	3,13	160,00

Környezeti elem (Helyszín- mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték- egység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V3-2006. nyár)	Vezető- képesség	μS/cm	1000	835	1,20	417,50
	KOI	μg/l	30000	5200	5,77	86,67
	NO ₃	μg/l	2000	30570	0,07	7642,50
	NH ₃	μg/l	400	570	0,70	712,50
	Fe	μg/l	200	40	5,00	100,00
	PO ₄	μg/l	200	44	4,55	110,00
Levegő (L3-2006. nyár)	NO ₂	μg/m ³	100	7,6	13,18	37,94
	NO _x	μg/m ³	200	10,3	19,39	25,79
	CO	μg/m ³	10000	335,2	29,83	16,76
	O ₃	μg/m ³	120	132,2	0,91	550,84
	C ₆ H ₆	μg/m ³	10	1,2	8,37	59,71
	PM ₁₀	μg/m ³	50	15,4	3,25	153,92

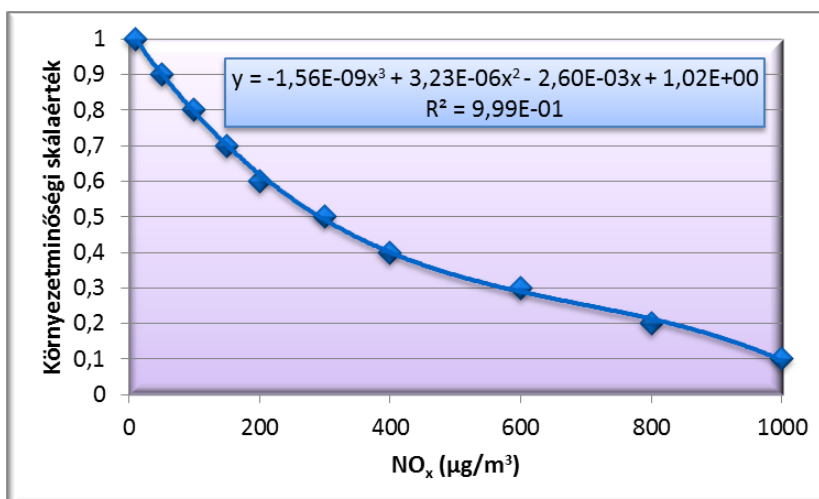
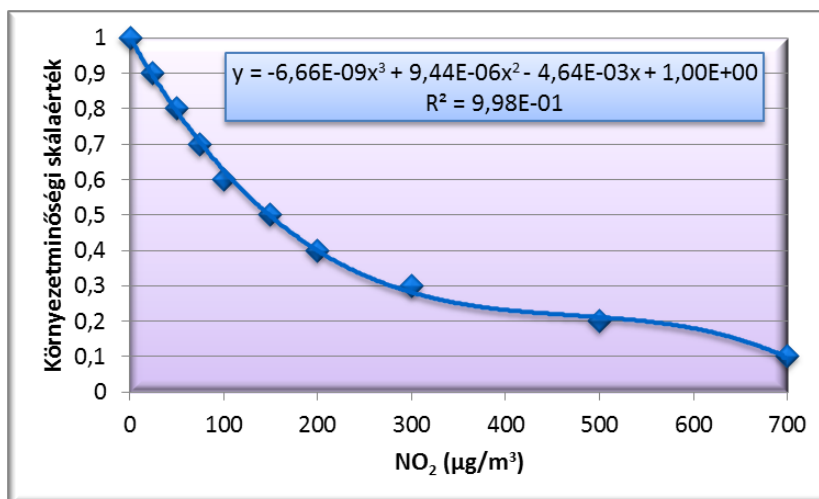
Környezeti elem (Helyszín- mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték- egység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V3-2013. tél)	Vezető- képesség	μS/cm	1000	894,1	1,12	447,05
	KOI	μg/l	30000	240	125,00	4,00
	NO ₃	μg/l	2000	5550	0,36	1387,50
	NH ₃	μg/l	400	80	5,00	100,00
	Fe	μg/l	200	90	2,22	225,00
	PO ₄	μg/l	200	19,18	10,43	47,95
Levegő (L3-2013. tél)	NO ₂	μg/m ³	100			
	NO _x	μg/m ³	200			
	CO	μg/m ³	10000			
	O ₃	μg/m ³	120			
	C ₆ H ₆	μg/m ³	10			
	PM ₁₀	μg/m ³	50			

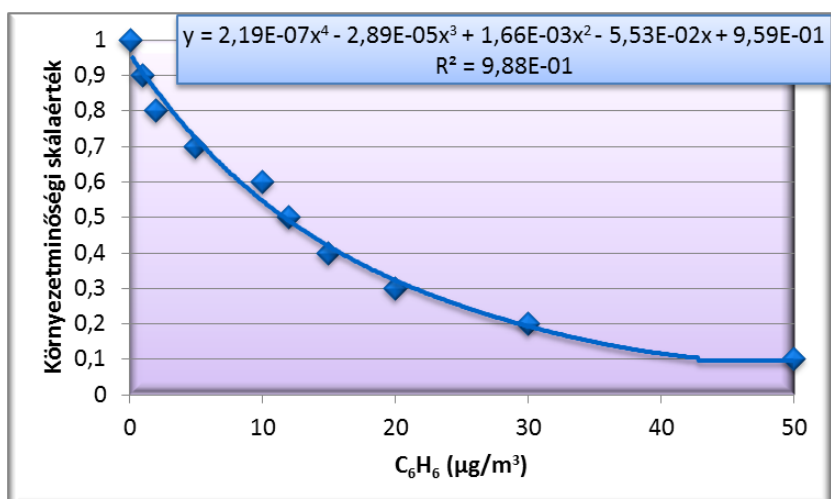
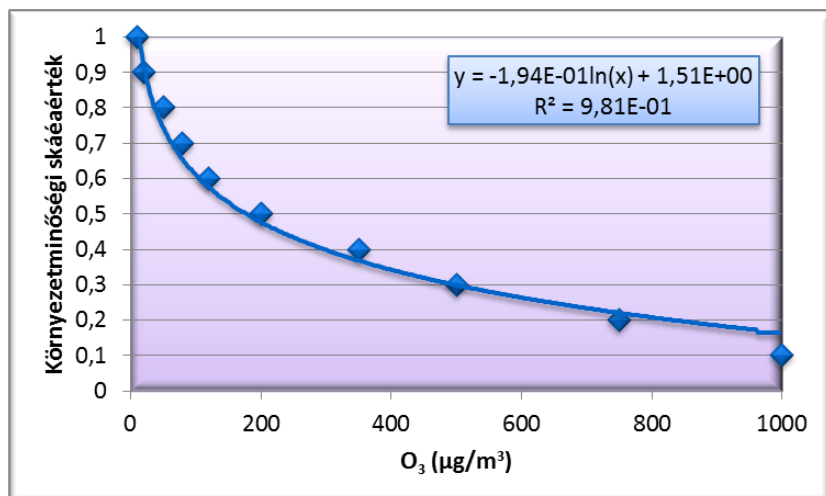
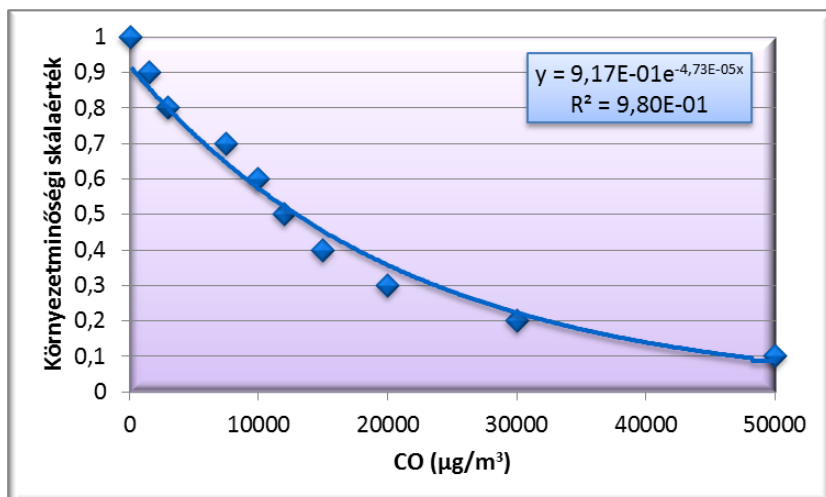
Környezeti elem (Helyszín- mérési időpont)	Környezeti paraméter	Mérték- egység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték
Felszíni víz (V3-2013. nyár)	Vezető- képesség	μS/cm	1000	1175	0,85	587,50
	KOI	μg/l	30000	10000	3,00	166,67
	NO ₃	μg/l	2000	18011	0,11	4502,75
	NH ₃	μg/l	400	120	3,33	150,00
	Fe	μg/l	200	100	2,00	250,00
	PO ₄	μg/l	200	310	0,65	775,00
Levegő (L3-2013. nyár)	NO ₂	μg/m ³	100	5,9899	16,69	29,95
	NO _x	μg/m ³	200	13,99	14,30	34,98
	CO	μg/m ³	10000	257,03	38,91	12,85
	O ₃	μg/m ³	120	76,258	1,57	317,74
	C ₆ H ₆	μg/m ³	10	0,25	40,00	12,50
	PM ₁₀	μg/m ³	50	19,65	2,54	196,50

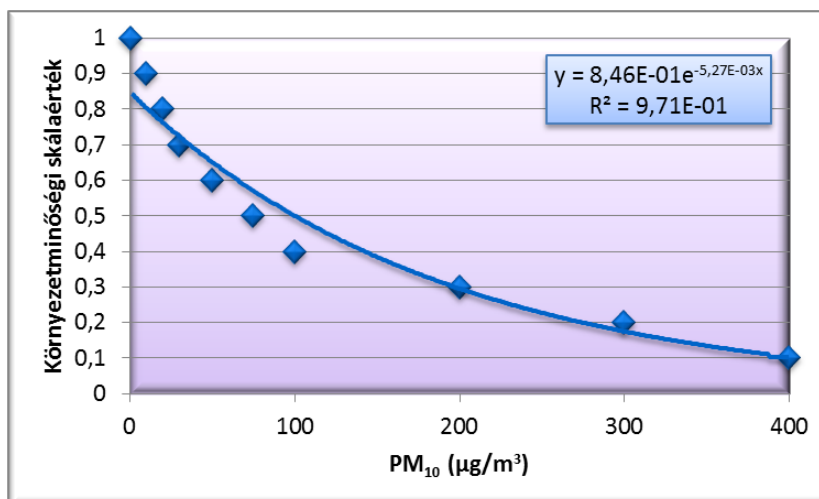
11.4 Melléklet az I. esettanulmányhoz: Zirc város

környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához szükséges segéddiagramok

A Battelle mennyiségi módszer használatakor a környezetminőségi skálaértékek meghatározásához segéddiagramok használata szükséges. A levegő környezeti elem esetében használt diagramok a következők.



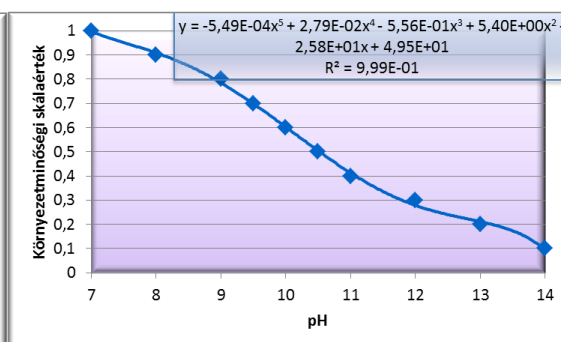
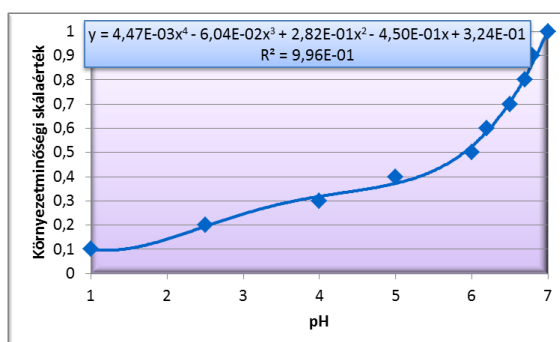
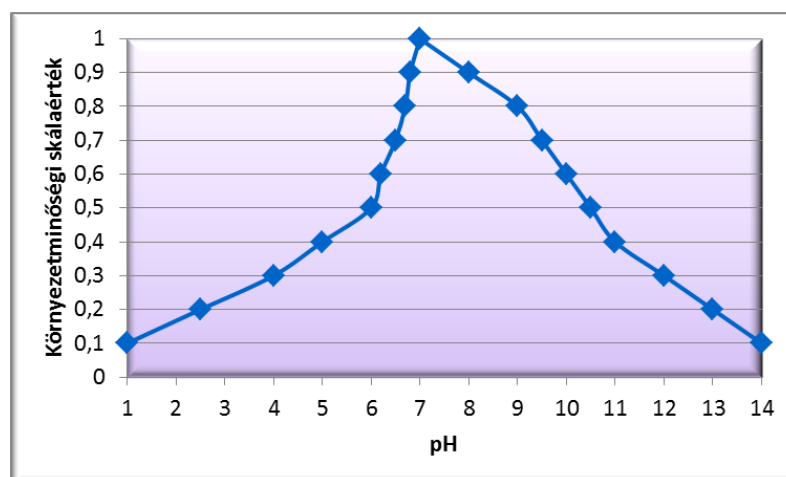
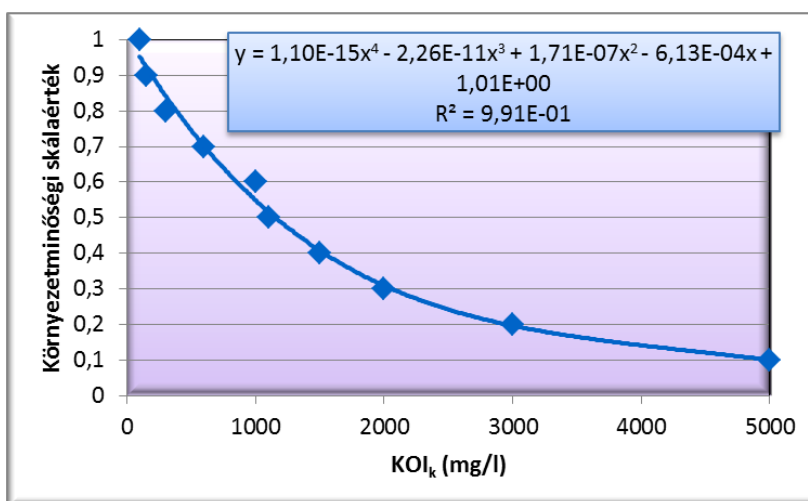


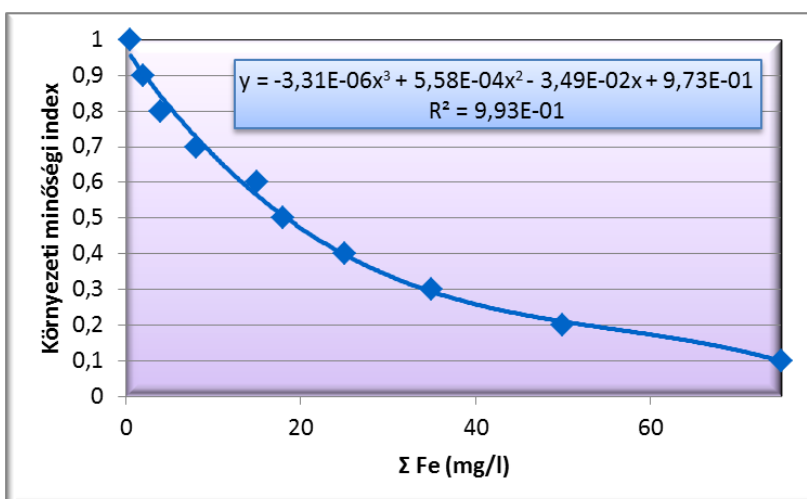
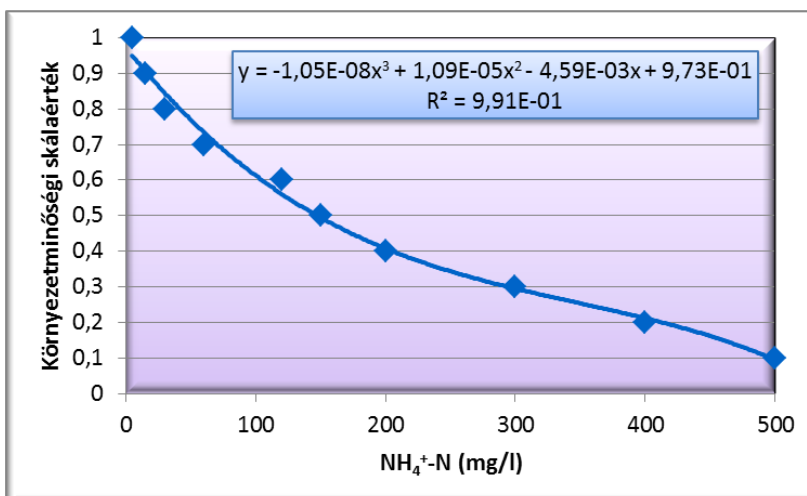
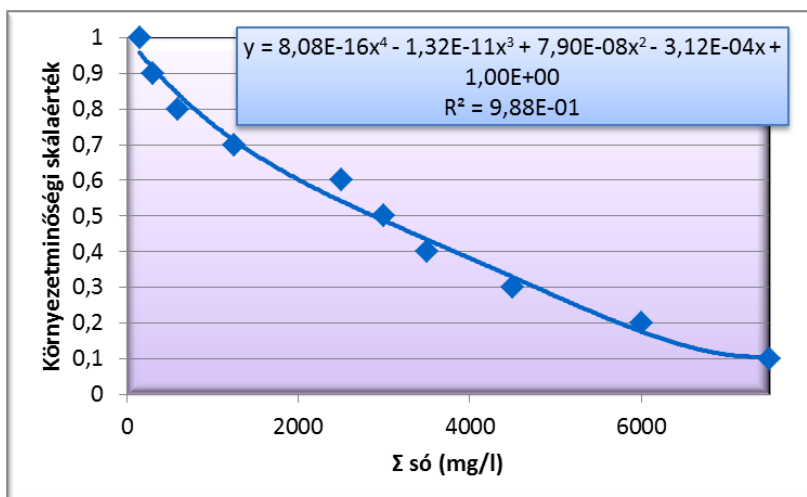


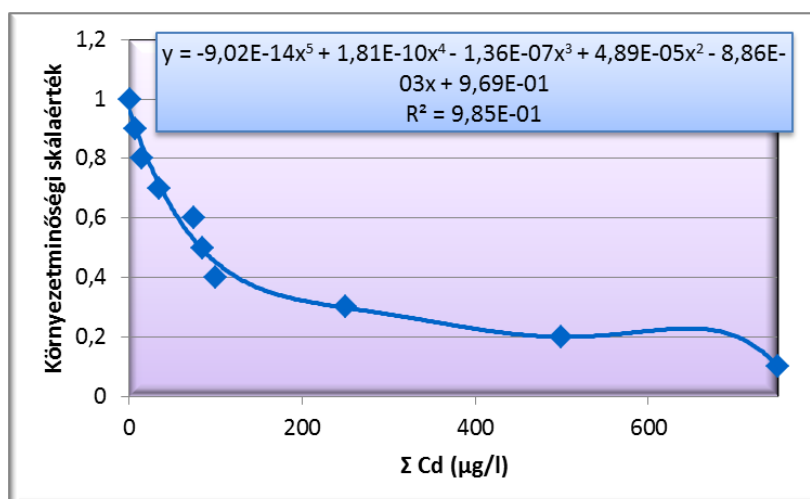
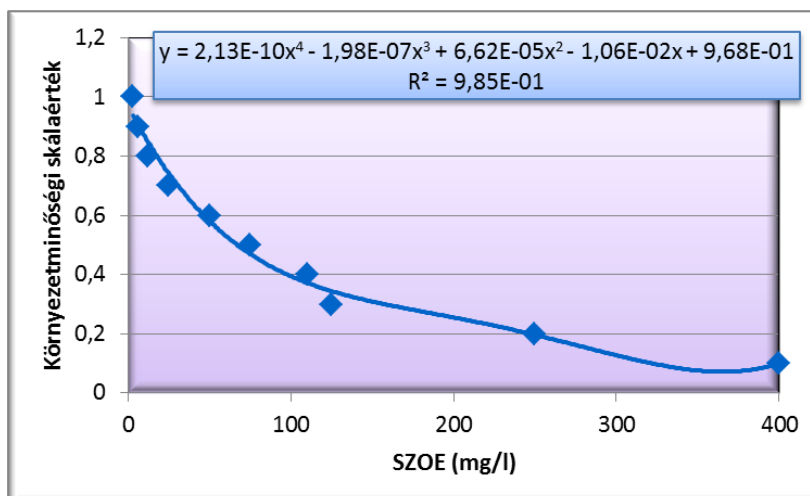
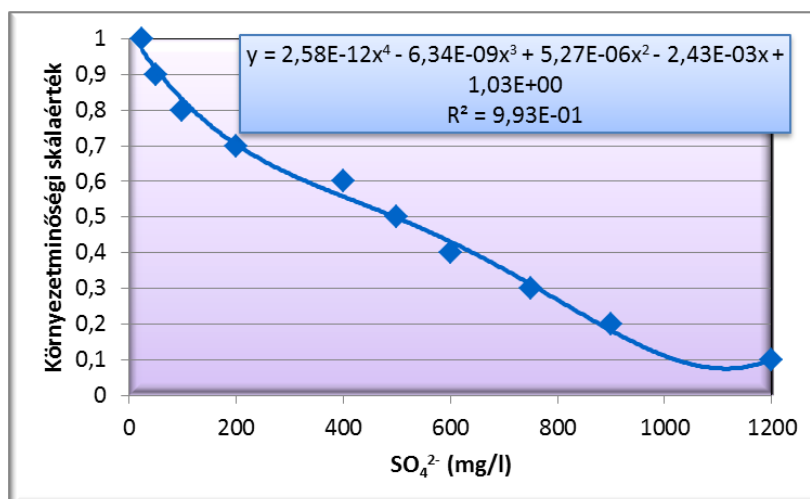
11.5 Melléklet a II. esettanulmányhoz: DMHU környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához szükséges segéddiagramok

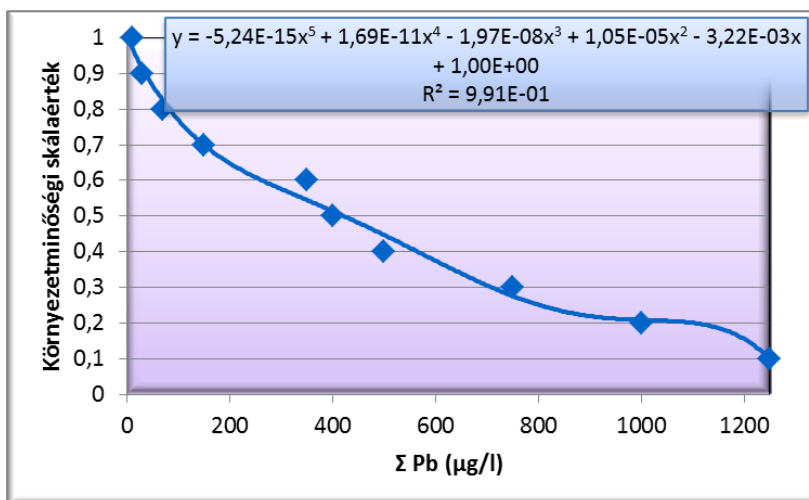
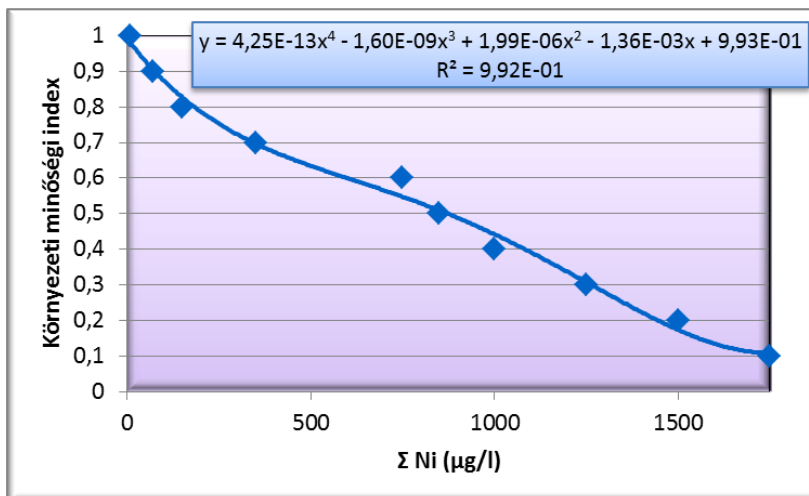
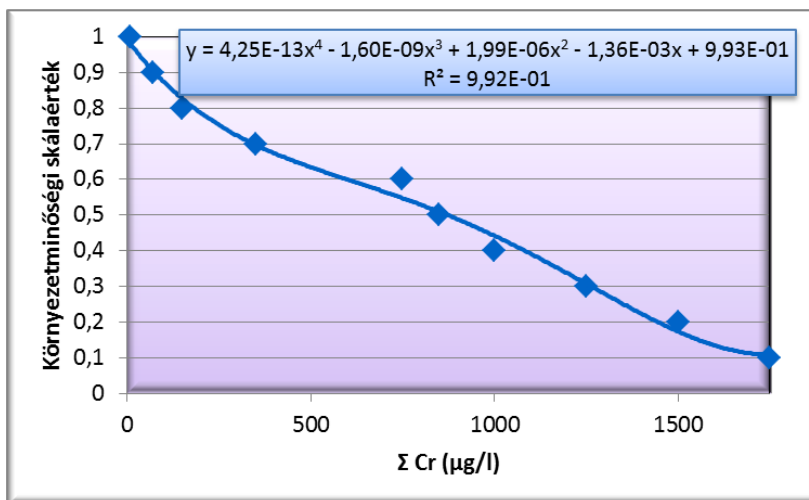
A DMHU környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához használt diagramok.

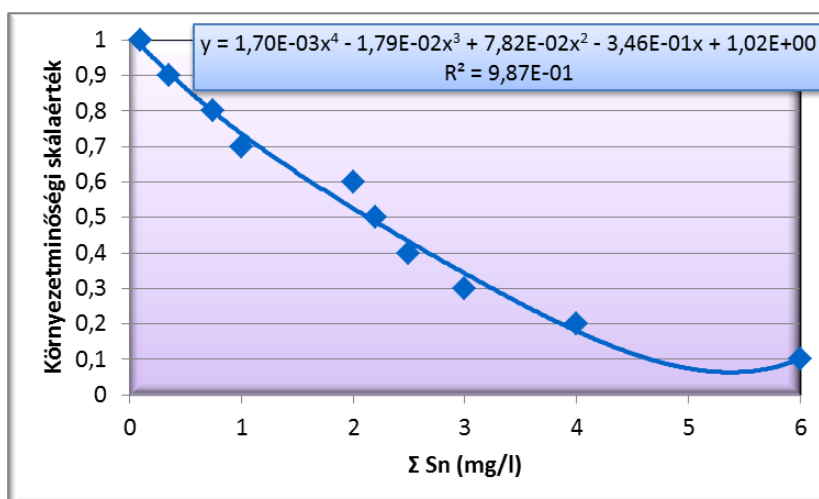
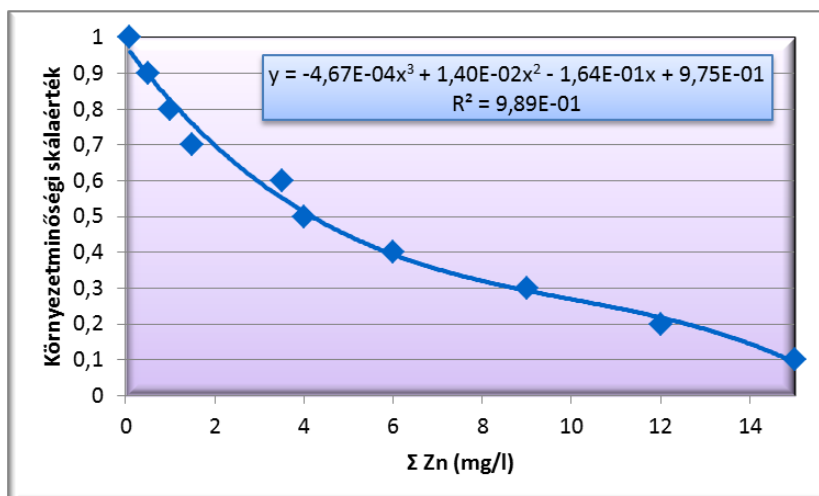
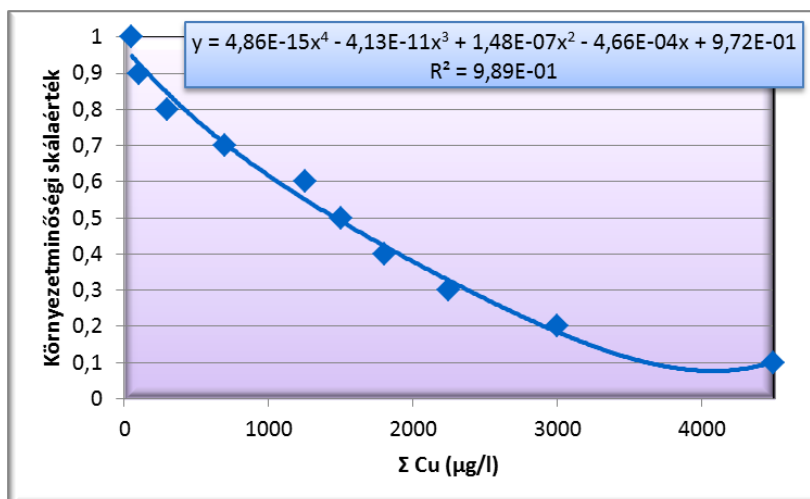
Közcsatornába történő kibocsátás esetén vizsgált környezeti paraméterek:

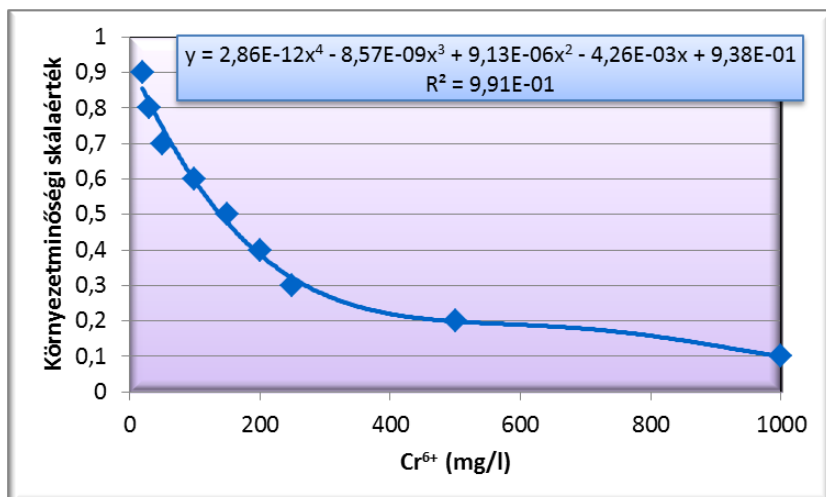




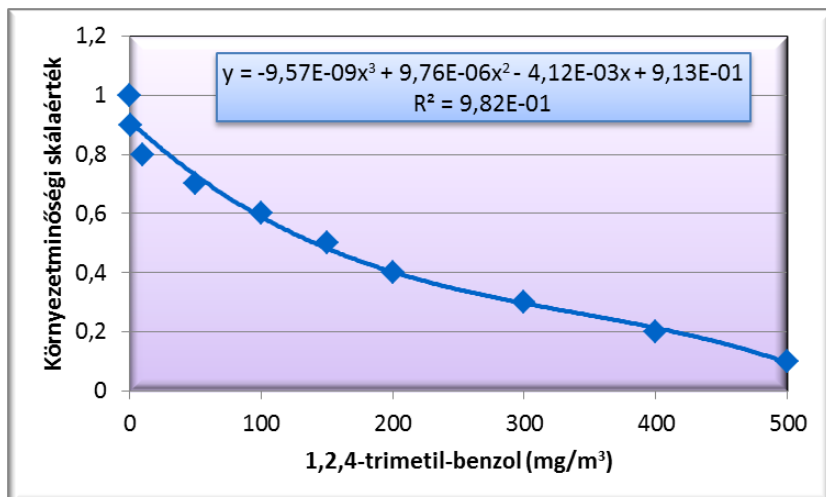
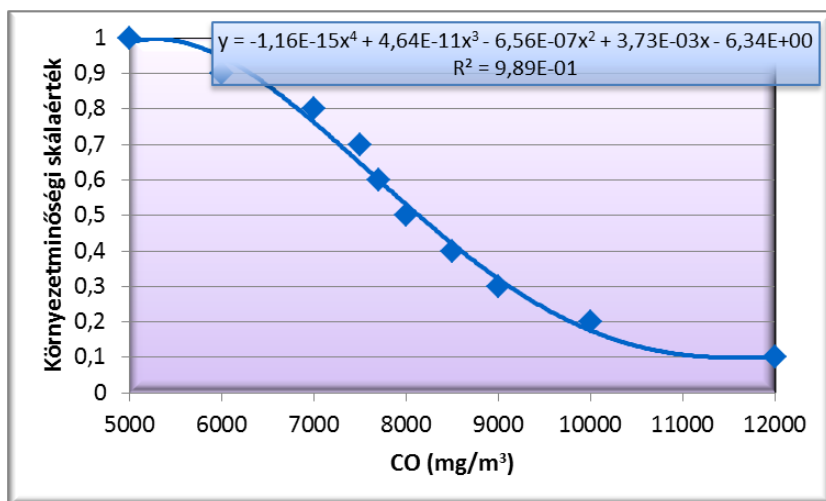


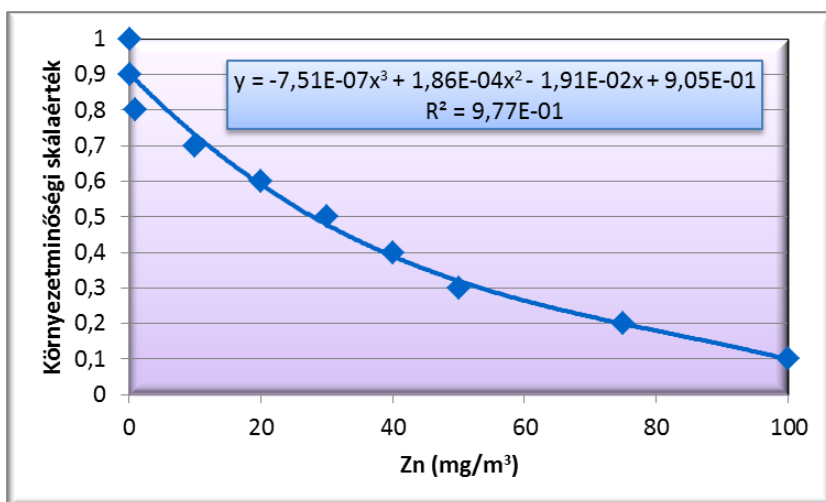
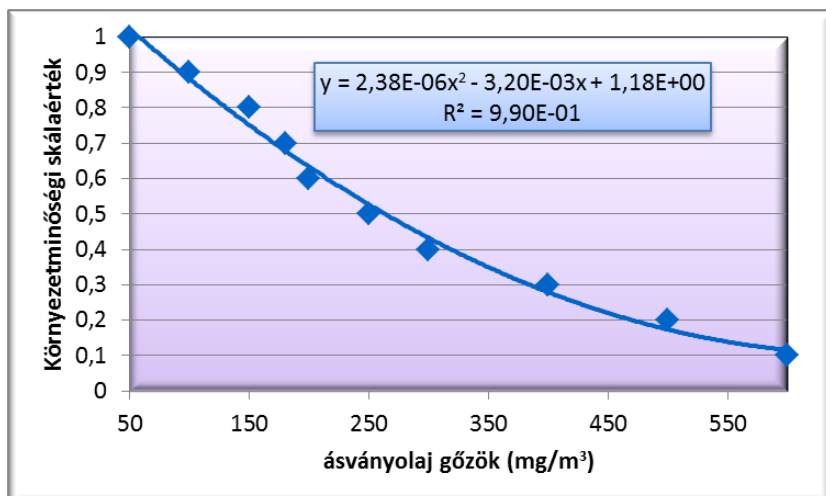
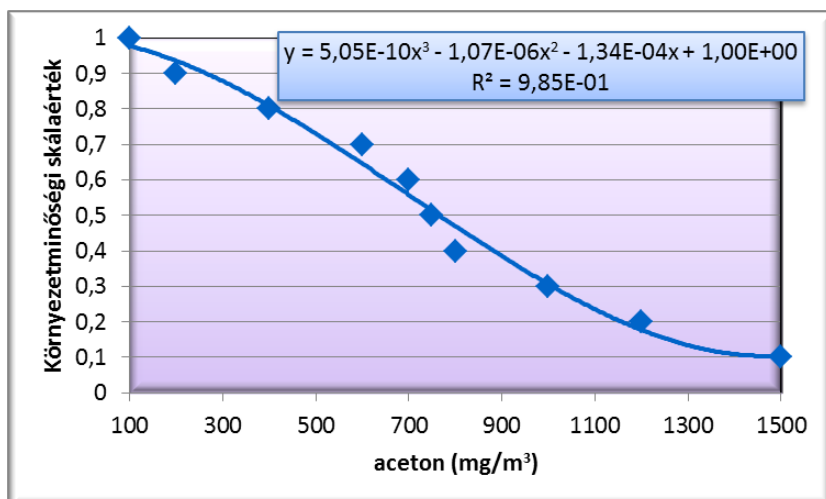


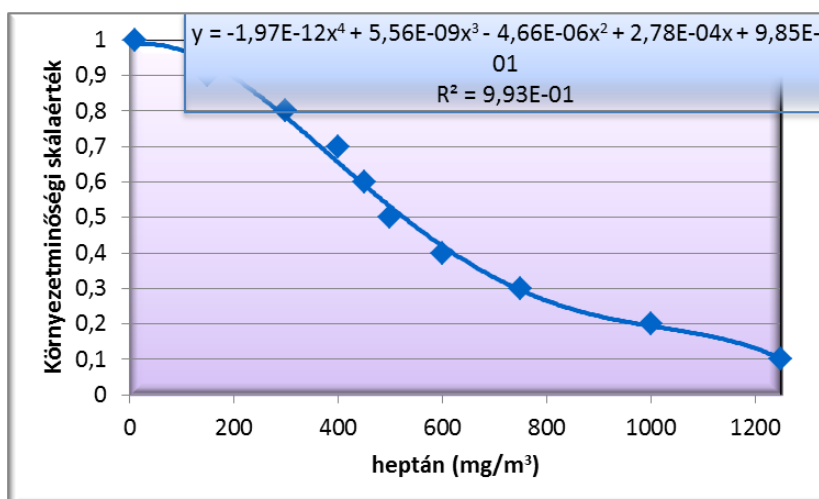
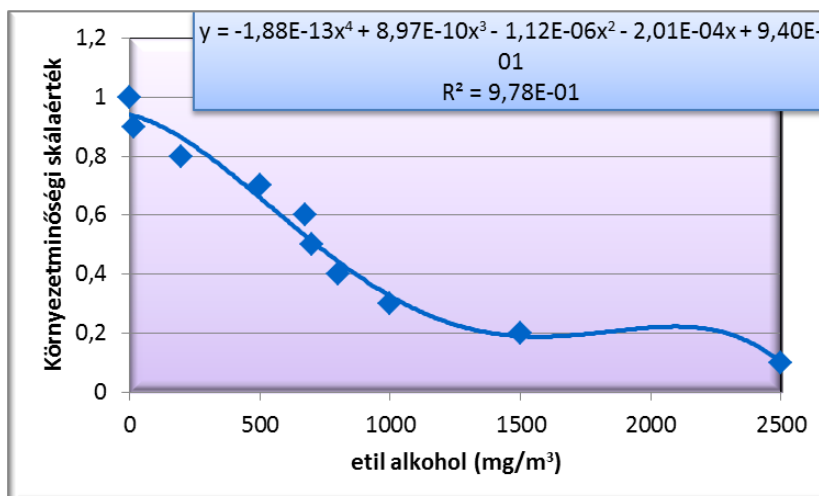
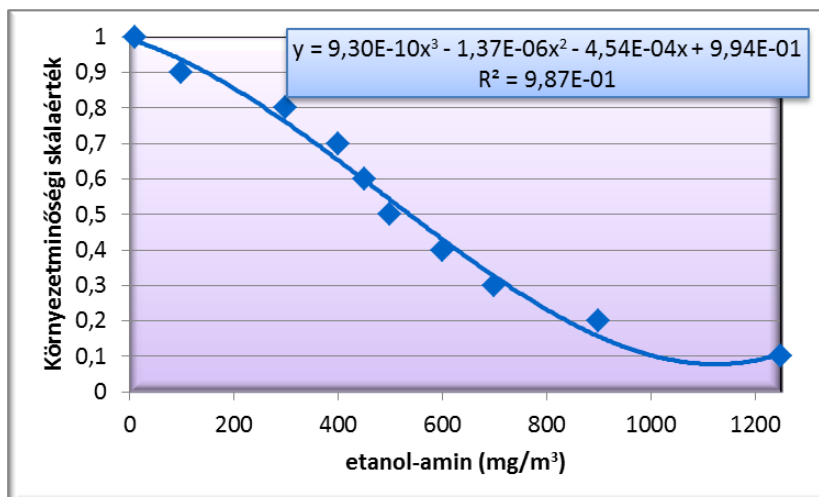


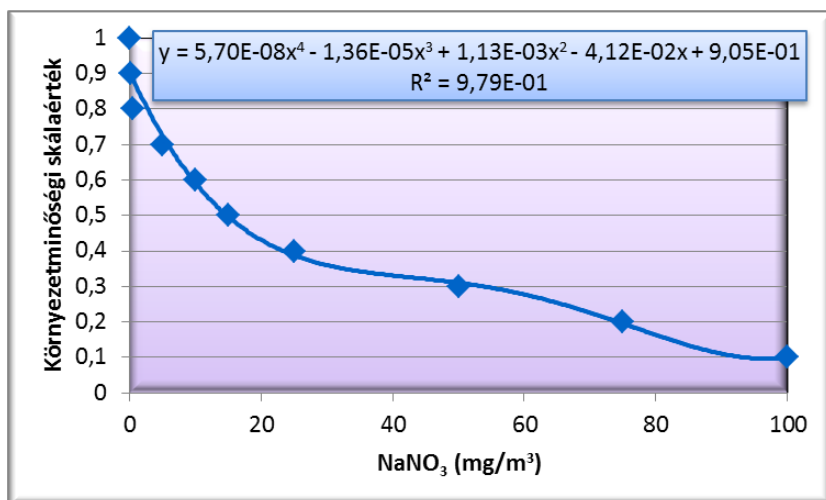
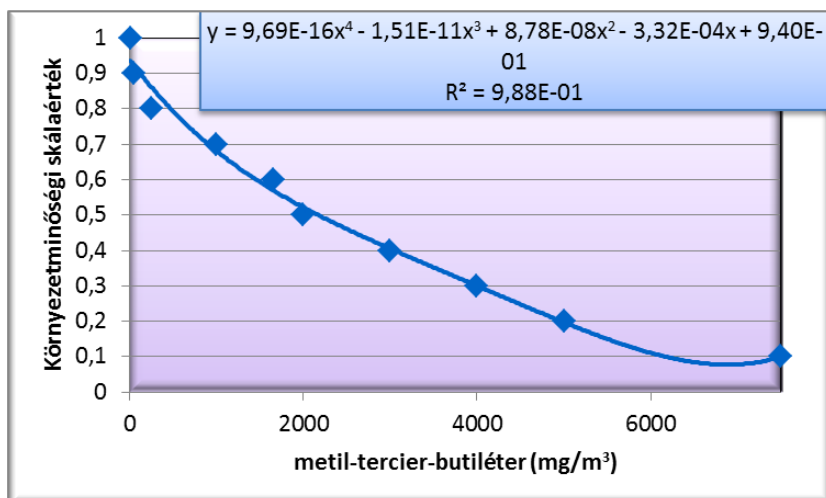
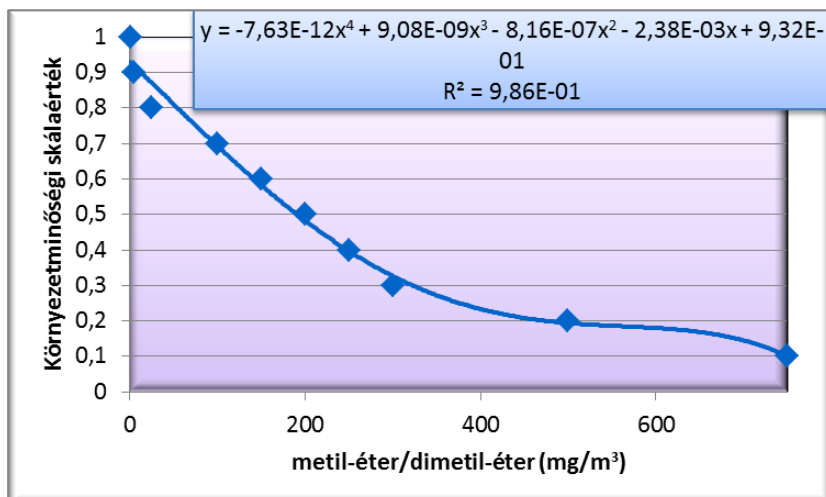


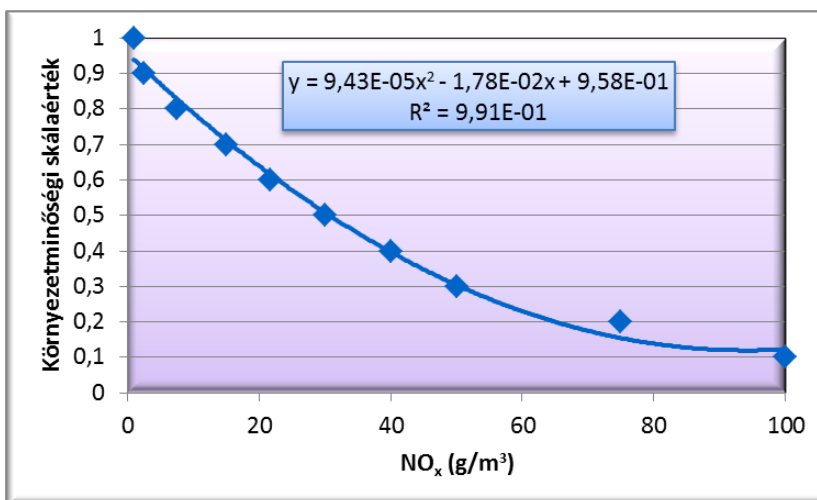
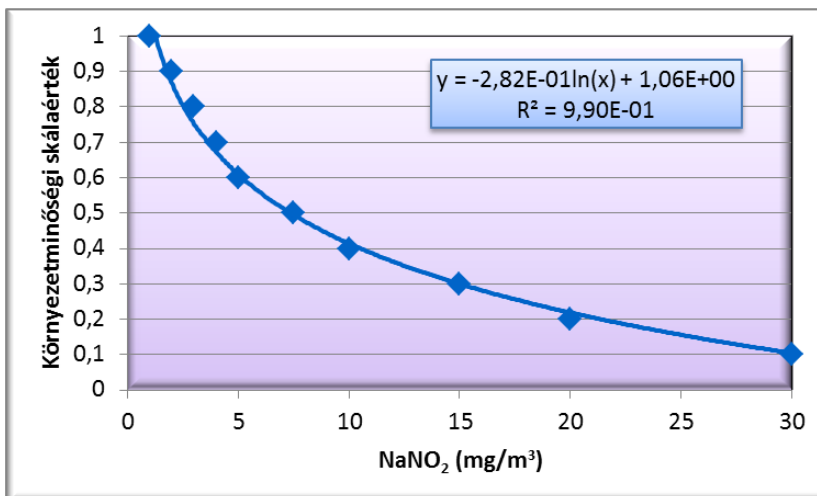
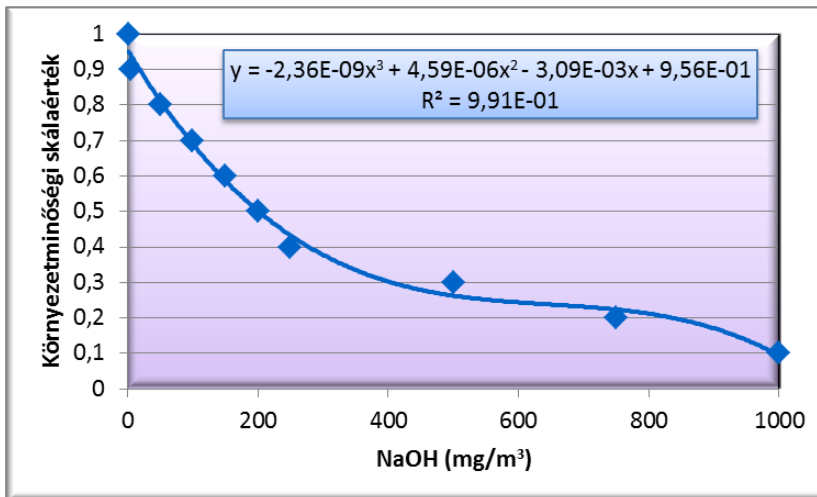
Levegő környezeti elem esetében vizsgált környezeti paraméterek:

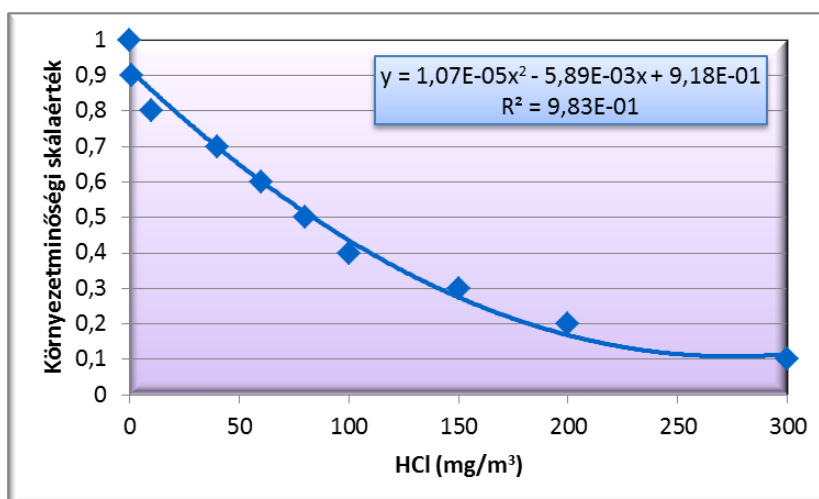
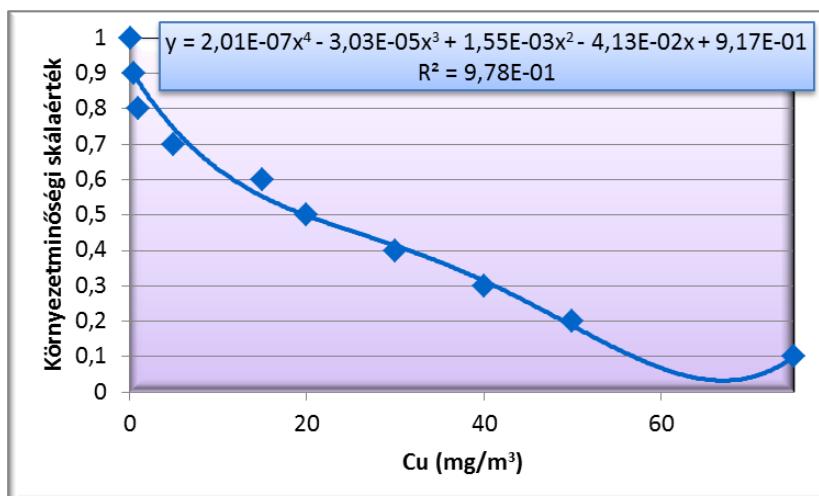
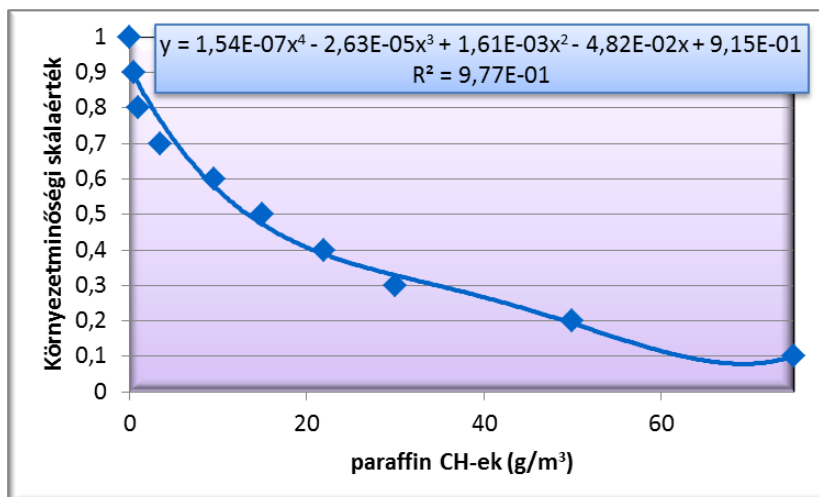


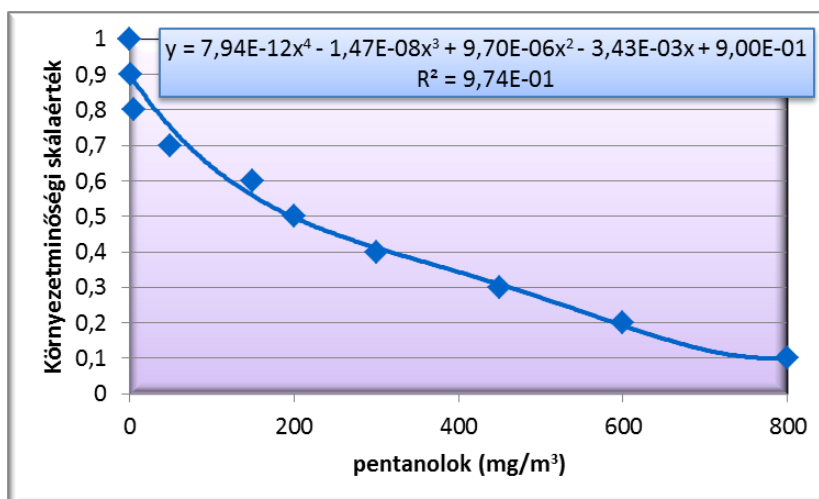
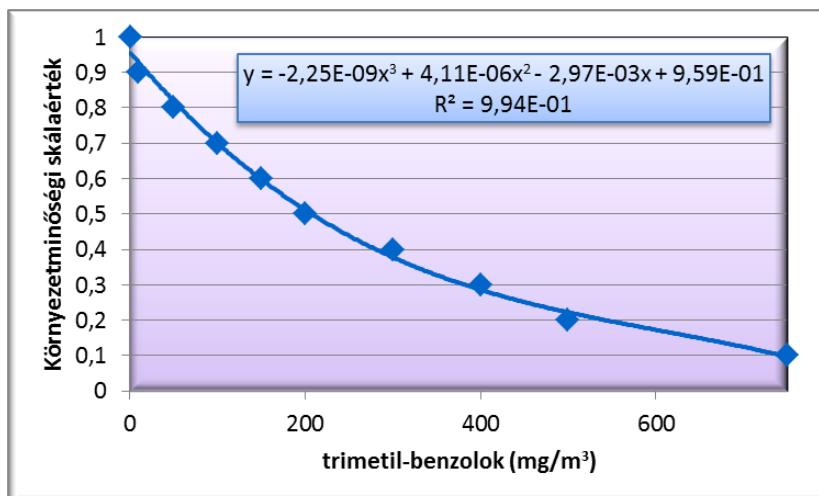
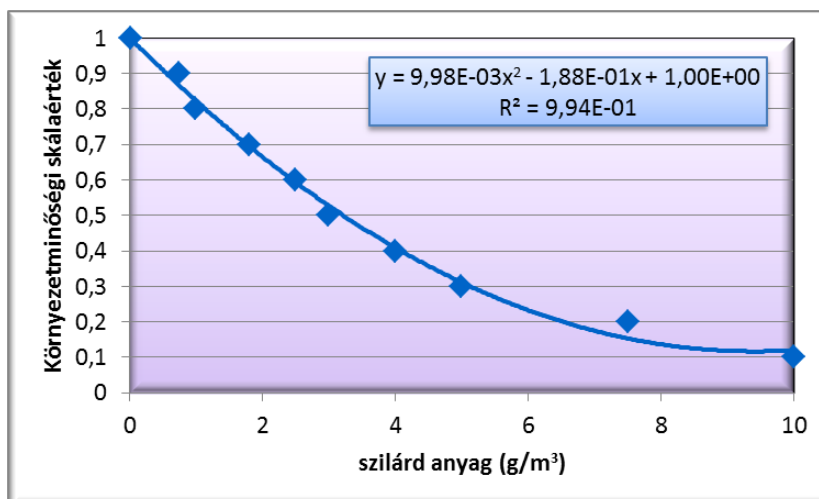


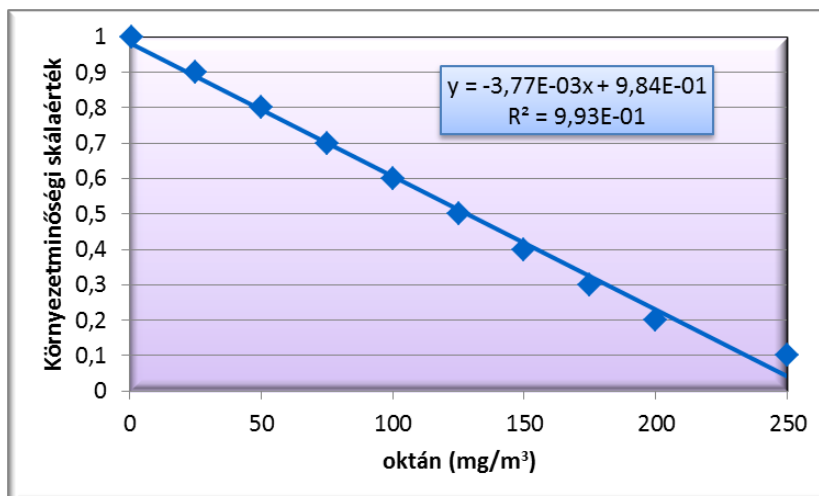
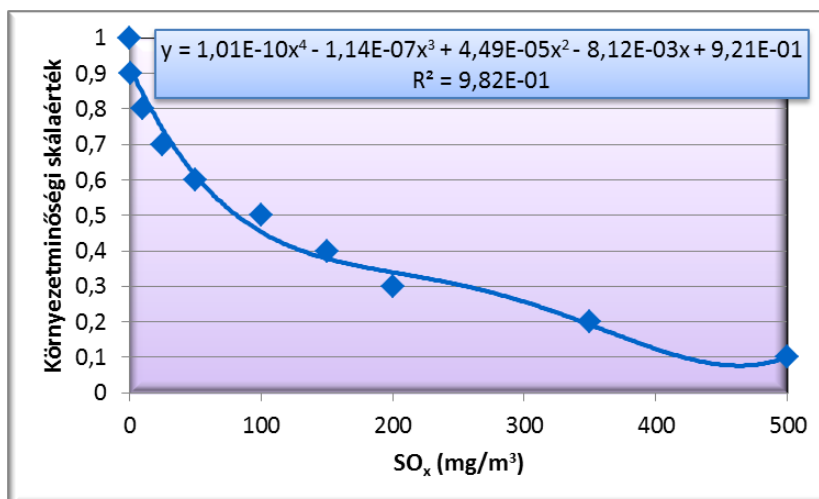








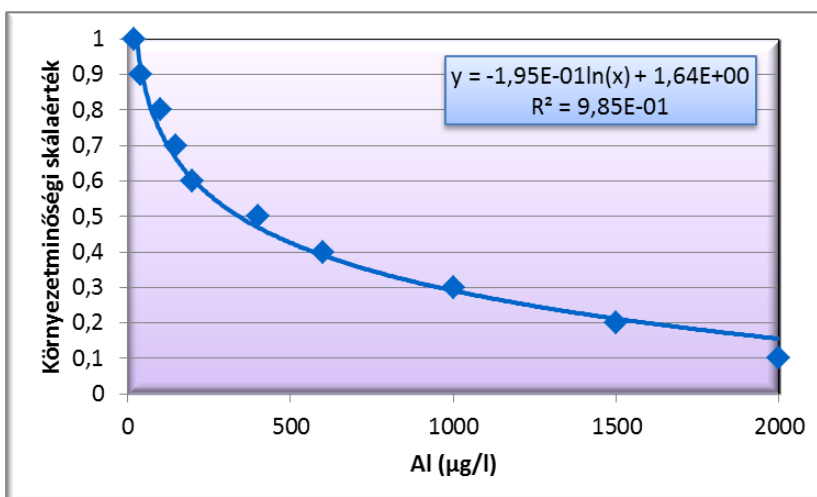
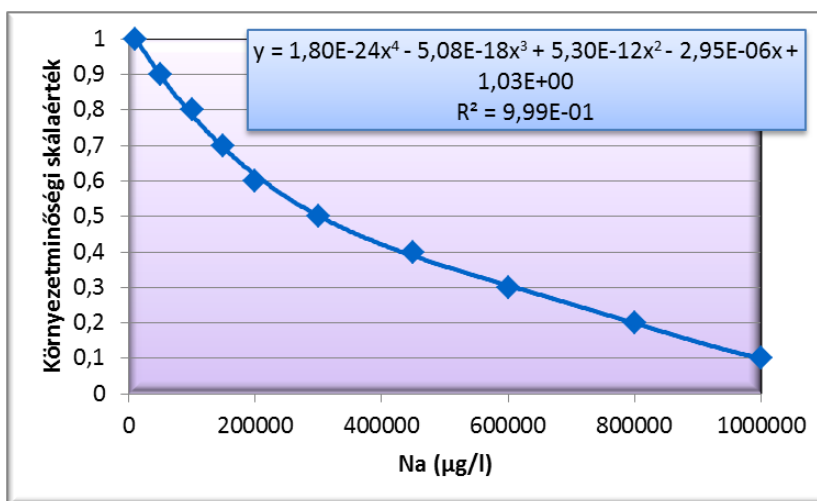


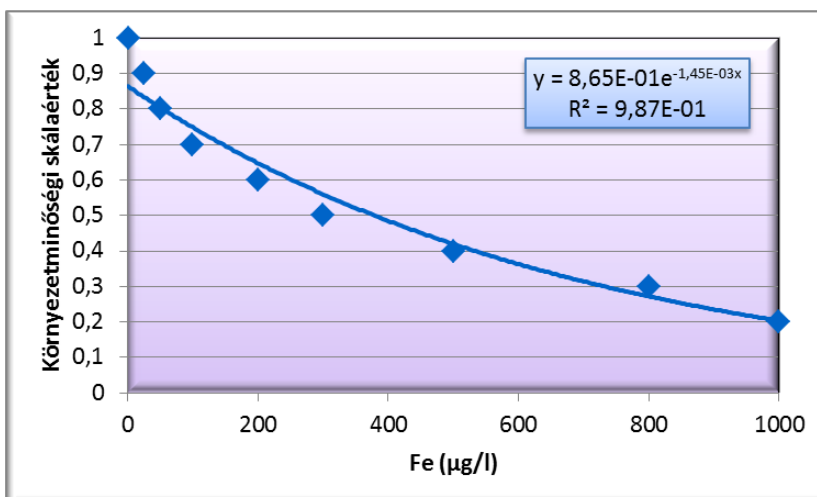
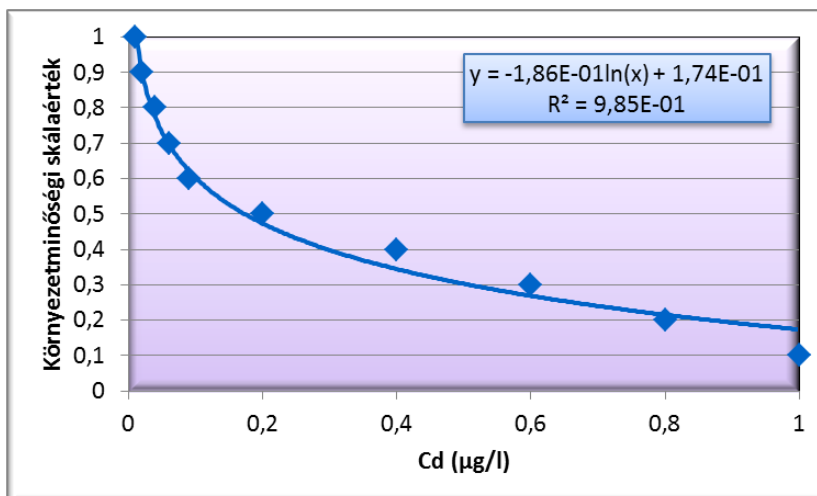
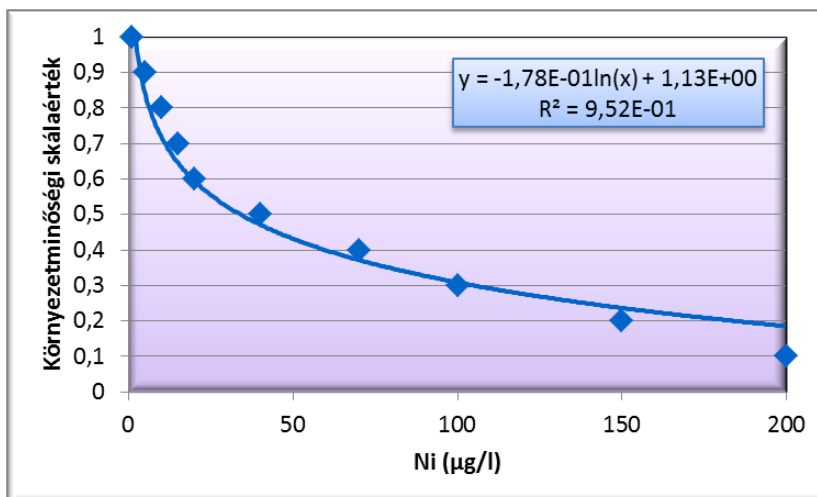


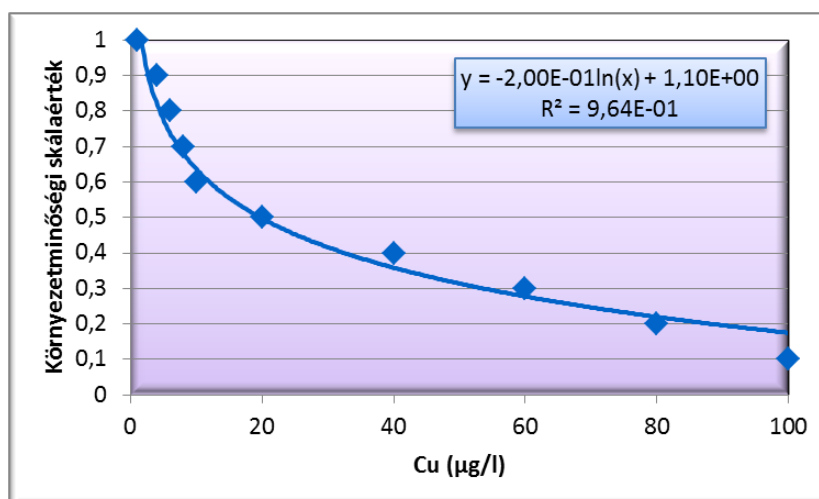
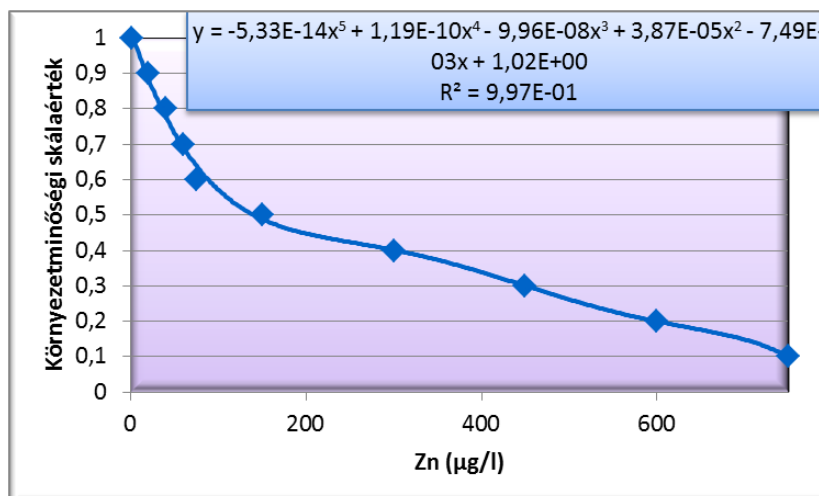
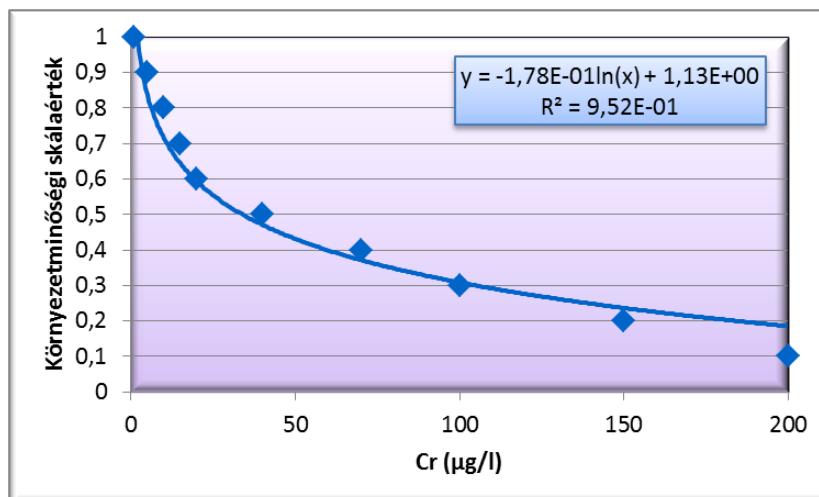
11.6 Melléklet a III. esettanulmányhoz: Kolontár

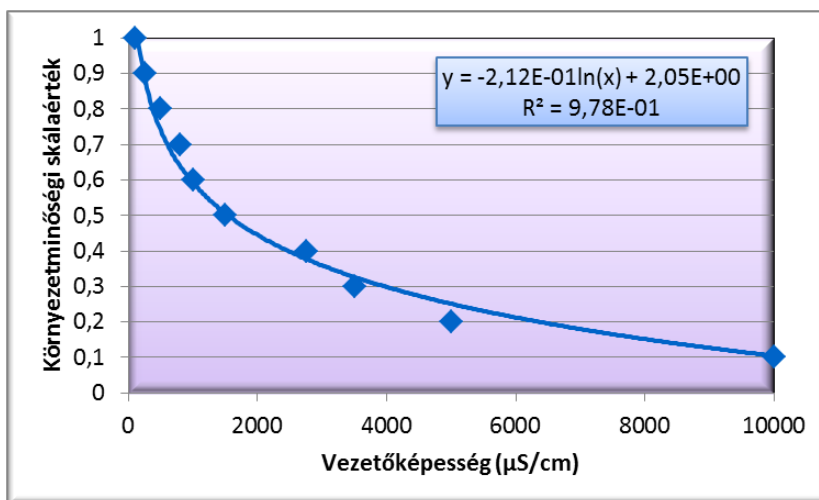
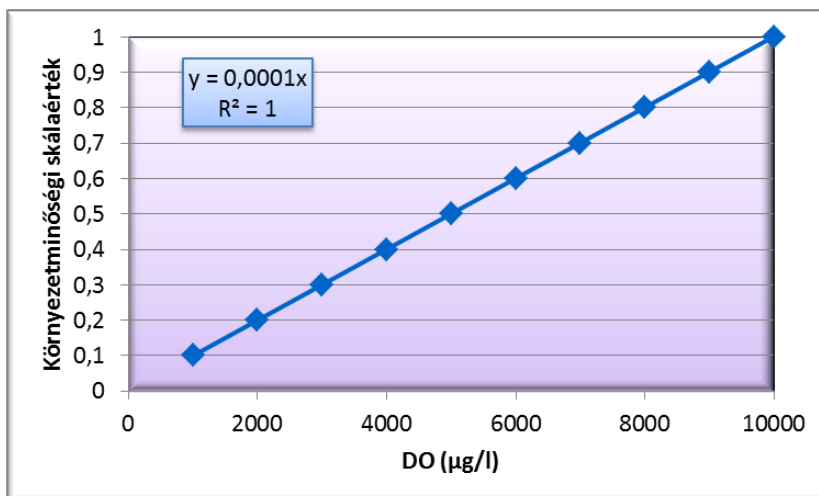
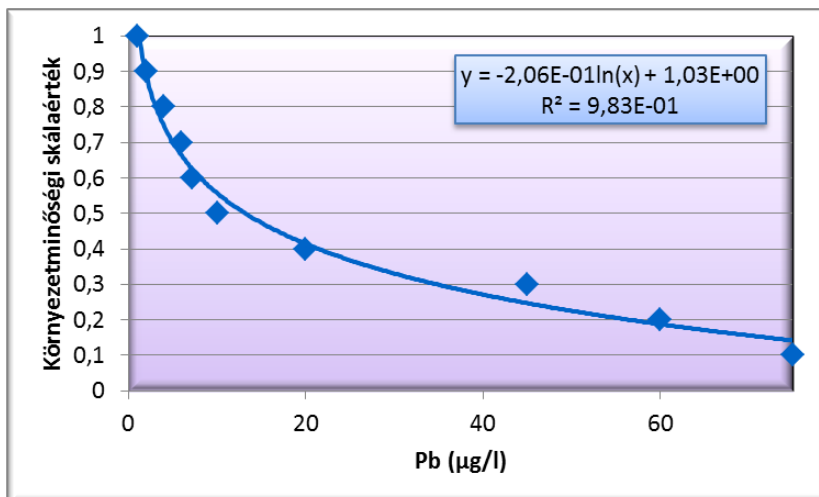
környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához használt diagramok

Felszíni víz környezeti elem esetében vizsgált környezeti paraméterek – a pH környezeti paraméterhez tartozó diagram a **11.5 melléklet**ben található:

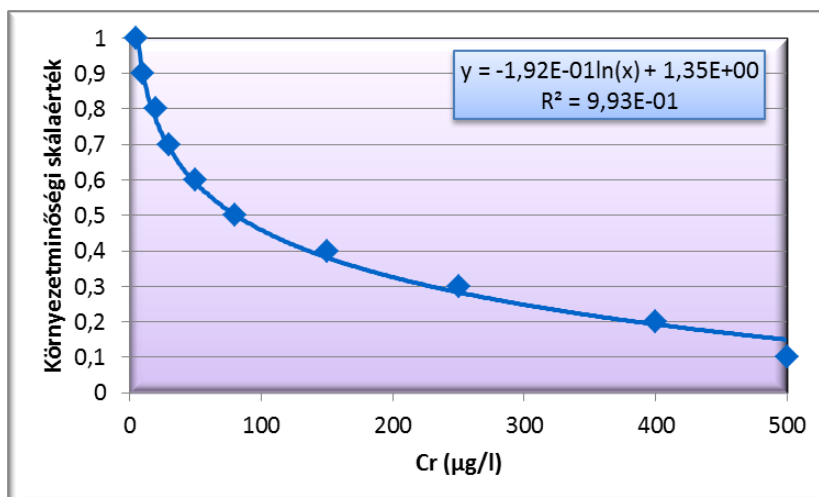
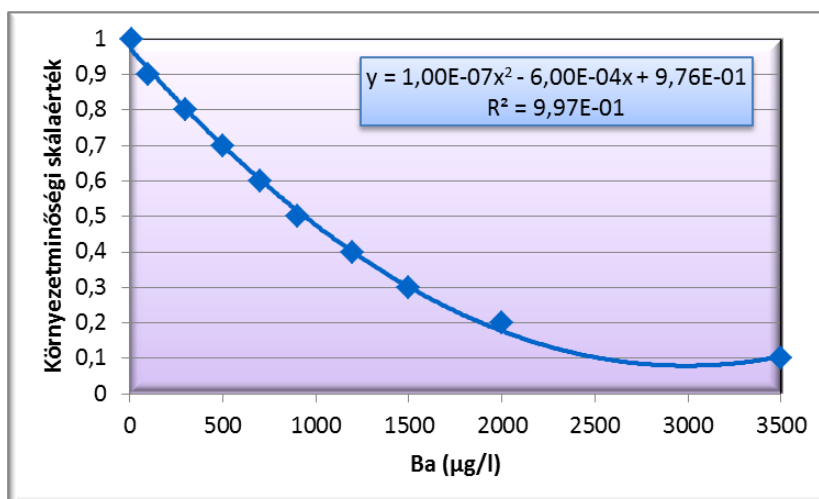
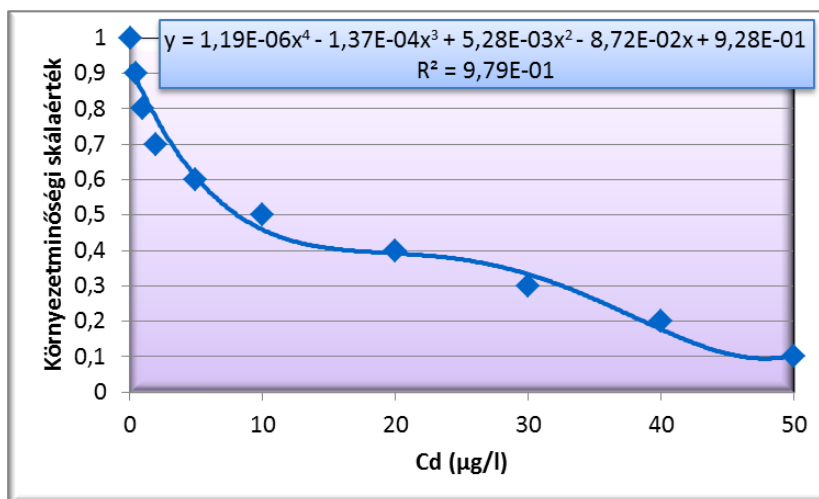


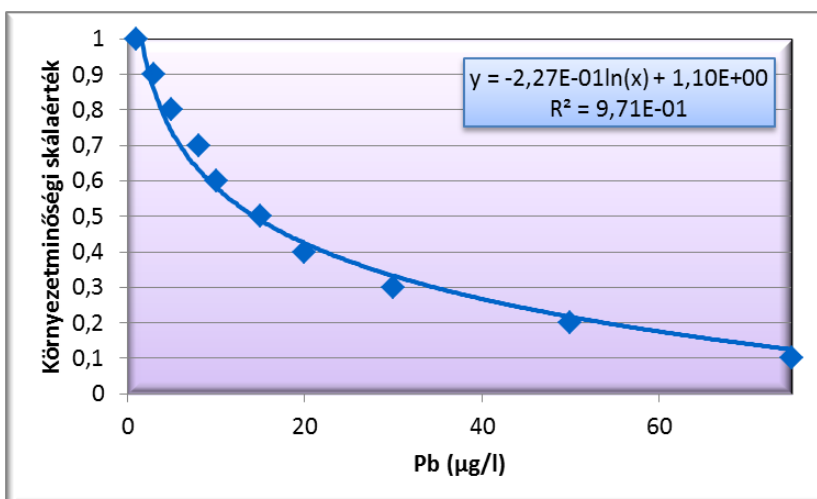
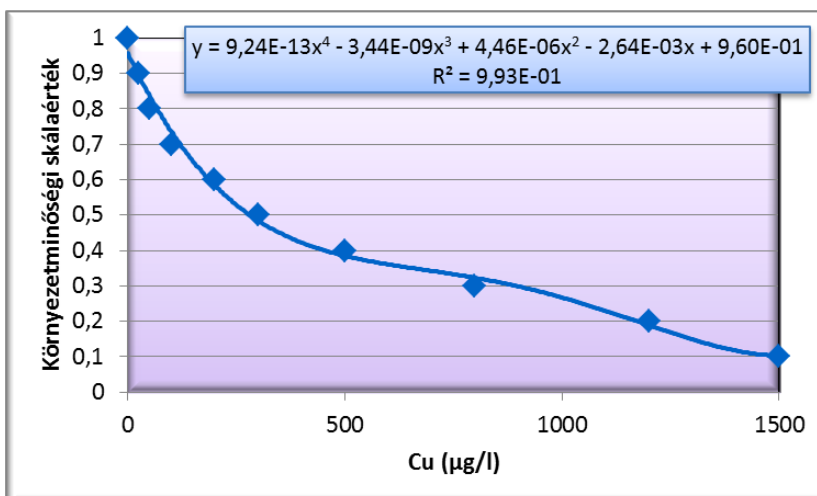
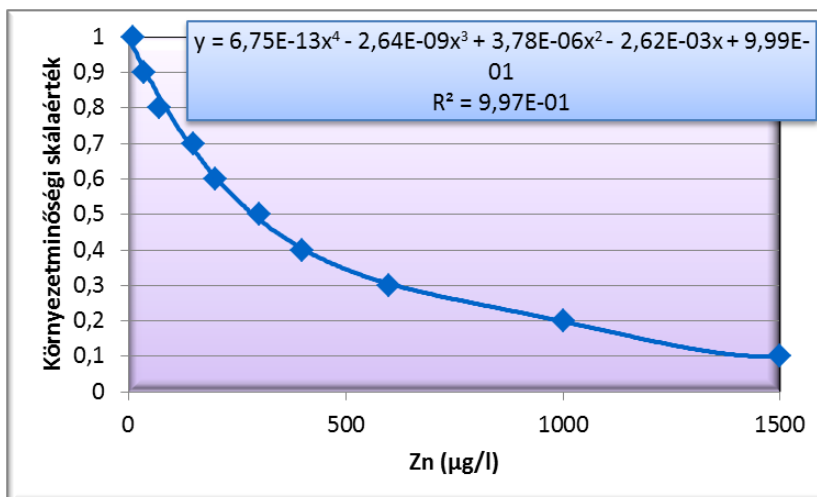


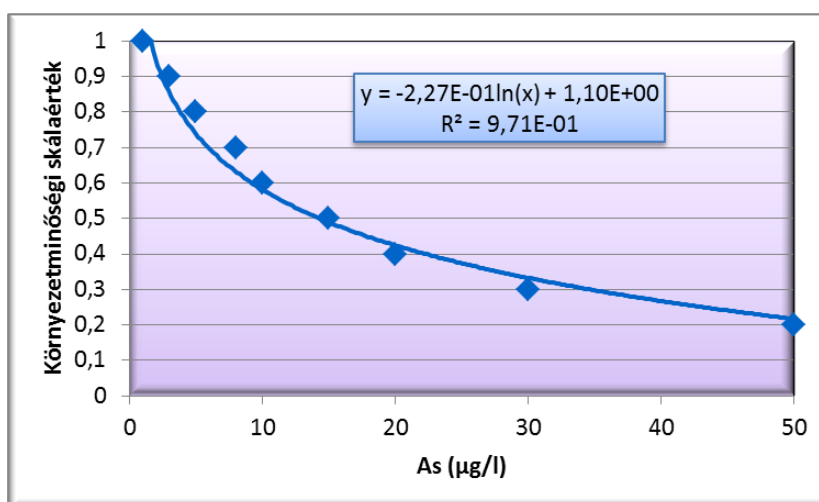




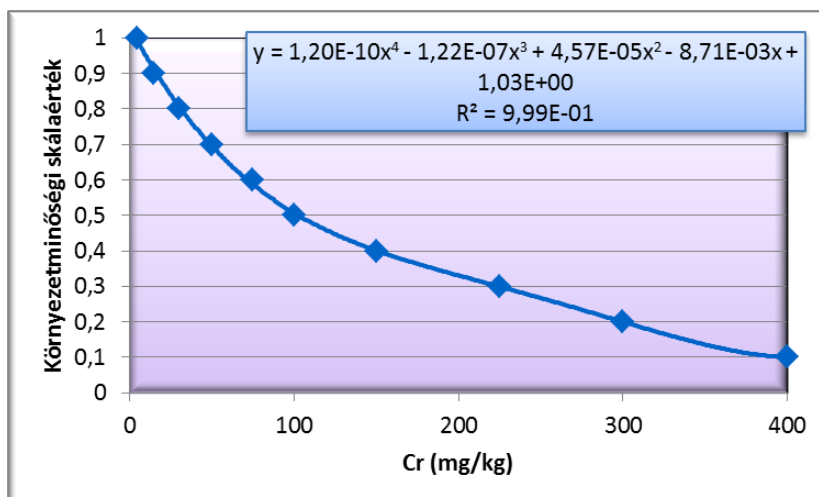
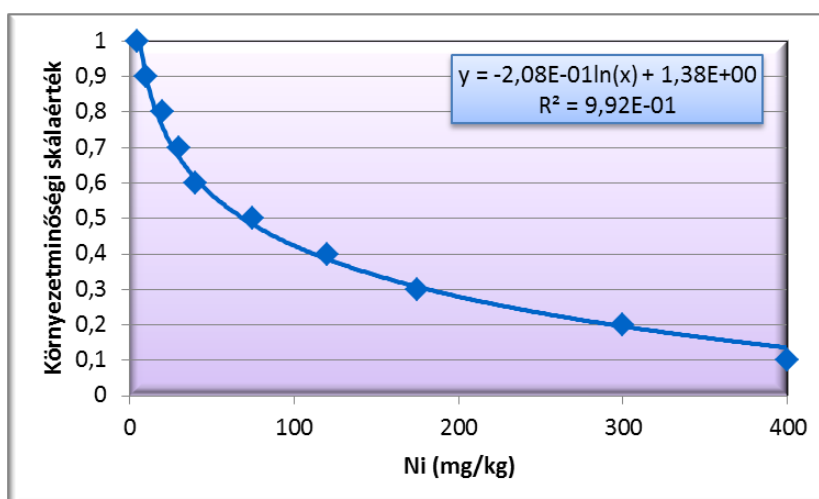
Felszín alatti víz tekintetében vizsgált környezeti paraméterek – a nátrium, az alumínium és nikkel esetében a felszíni víz diagramjaival azonosak a görbék a határértékek egyezése miatt:

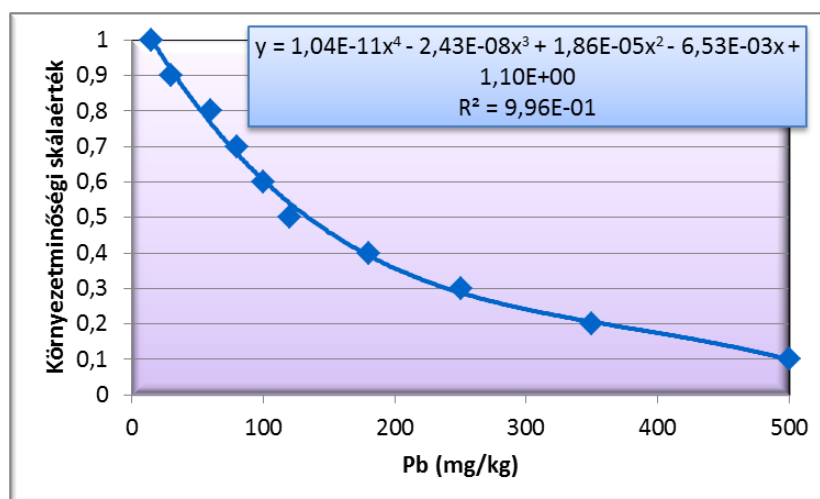
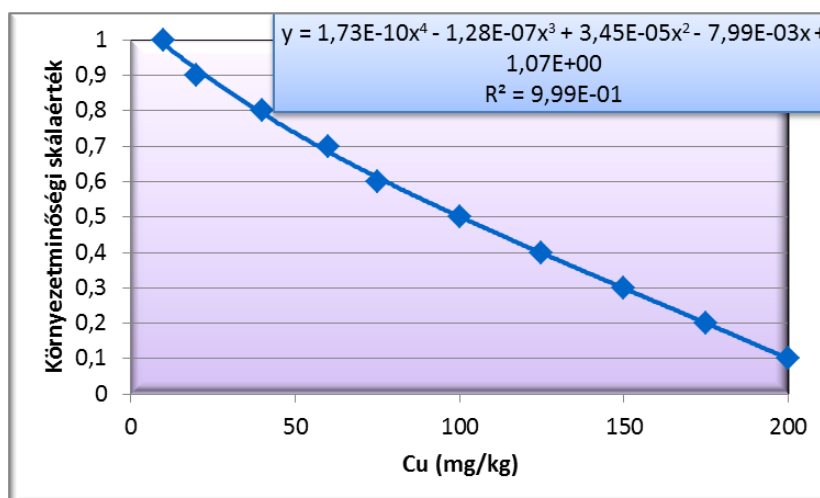
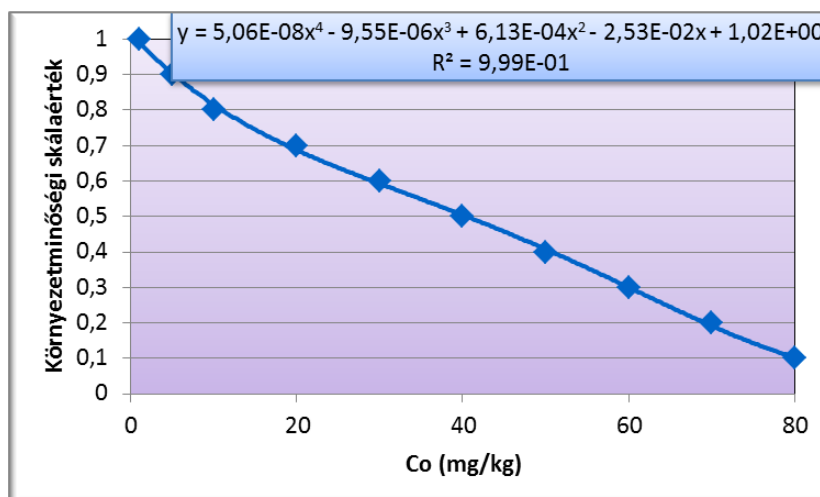


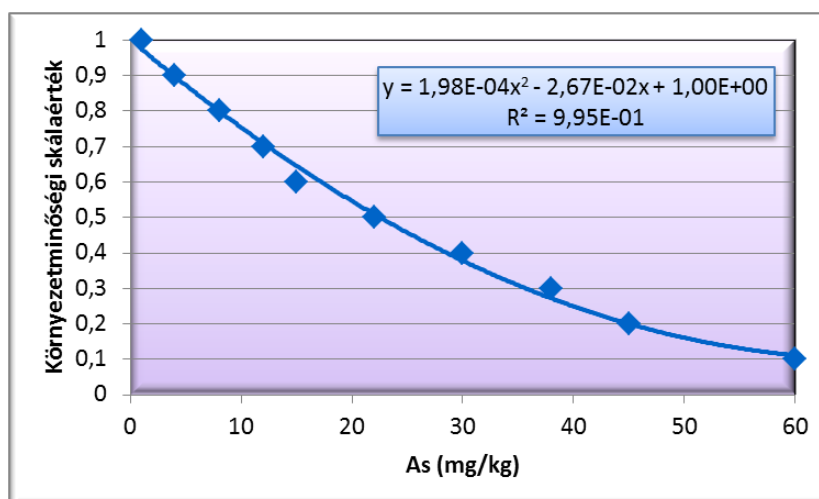
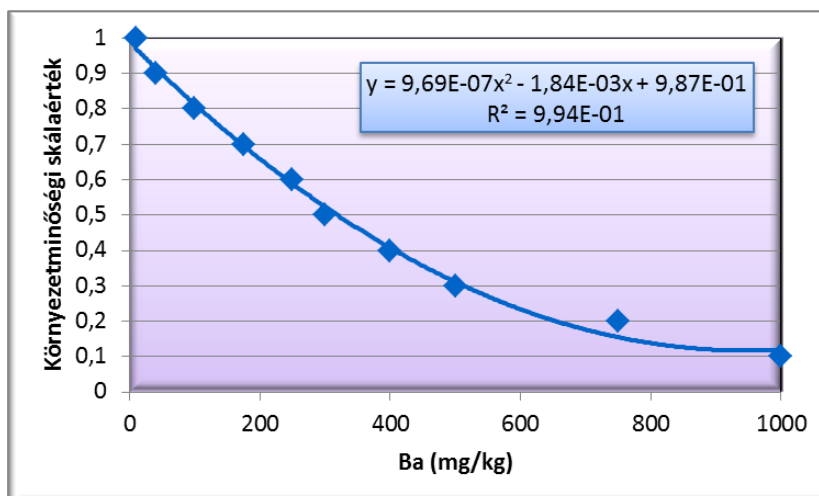
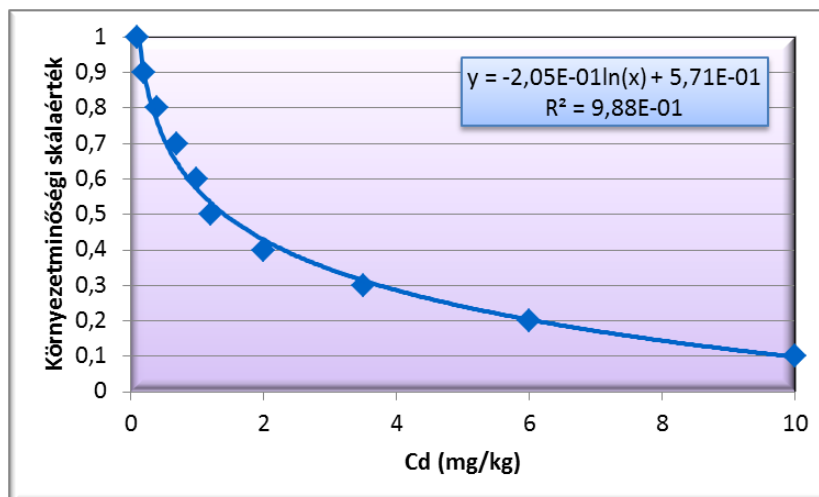




Földtani közeg – a cinknél a felszín alatti víz környezeti elemnél használt diagram a mérvadó a határérték azonosság miatt:







11.7 Melléklet a IV. esettanulmányhoz: Környezetminőségi osztályjegyek meghatározása a Balaton esetében

Az alábbiakban az I_{PG} módszer során a 2-10 adatsorokra számolt környezetminőségi osztályjegyek meghatározása található.

Felszíni víz minőségi paraméterek (2; Keszthelyi-öböl)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	10	9	8	9
Környezetminőségi osztályjegy: 8,8				I _{PG} érték: 1,2913		

Felszíni víz minőségi paraméterek (3; Balatongyörök)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	6	9	8	9
Környezetminőségi osztályjegy: 8				I _{PG} érték: 1,5625		

Felszíni víz minőségi paraméterek (4; Szigligeti tóközép)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	9	9	8	9
Környezetminőségi osztályjegy: 8,6				I _{PG} érték: 1,3521		

Felszíni víz minőségi paraméterek (5; Szigligeti-öböl)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	7	9	8	9
Környezetminőségi osztályjegy: 8,2				I _{PG} érték: 1,4872		

Felszíni víz minőségi paraméterek (6; Révfülöp)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	8	9	8	9
Környezetminőségi osztályjegy: 8,4				I _{PG} érték: 1,4172		

Felszíni víz minőségi paraméterek (7; Balatonakali)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	9	9	8	8
Környezetminőségi osztályjegy: 8,4				I _{PG} érték: 1,4172		

Felszíni víz minőségi paraméterek (8; Balatonfüredi-öböl)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	8	9	8	8
Környezetminőségi osztályjegy: 8,2				I _{PG} érték: 1,4872		

Felszíni víz minőségi paraméterek (9; Siófok)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Erősen meghaladó	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Alacsony	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	9	9	8	8
Környezetminőségi osztályjegy: 8,4				I _{PG} érték: 1,4172		

Felszíni víz minőségi paraméterek (10; Fűzfői-öböl)						
Minőségi osztály [J _{fv}]	Minőségi kategóriák	1	2	3	4	5
		pH	Oldott oxigén (µg/l)	KOI (µg/l)	Vezetőképesség (µS/cm)	Szulfát (µg/l)
1	Határértéket erősen túllépő	-6;+7	-8000;+3500	80000	8000	1250000
2		-4,5;+6	-6000;+3000	70000	4000	1000000
3	Határértéket meghaladó	-3;+5	-4000;+2600	60000	2800	750000
4		-1,5;+4	-3000;+2200	50000	2200	550000
5	Határérték közeli	0;+3	-2000;+1900	40000	1200	350000
6		+0,8;+2,2	-1500;+1500	30000	800	250000
7		+0,8;+2	-1100;+1100	20000	650	180000
8	Megfelelő	+1;+1,8	-800;+800	10000	400	120000
9		+1,2;+1,5	-400;+400	5000	200	60000
10	Jó	+1,4;+1,5	-50;+50	1000	50	10000
		8	8	9	8	8
Környezetminőségi osztályjegy: 8,2				I _{PG} érték: 1,4872		

11.8 Melléklet a IV. esettanulmányhoz: A Balaton integrált mennyiségi módszerrel történő vizsgálatának minőségi indexei és környezeti hatásértékei

A Balaton vízminőségének integrált mennyiségi módszerrel való értékelésekor minőségi indexek és a környezeti paraméterek által kiváltott környezeti hatás értékek számolandók. Az alábbi táblázat ezen értékeket tartalmazza minden mintavételi pont esetében.

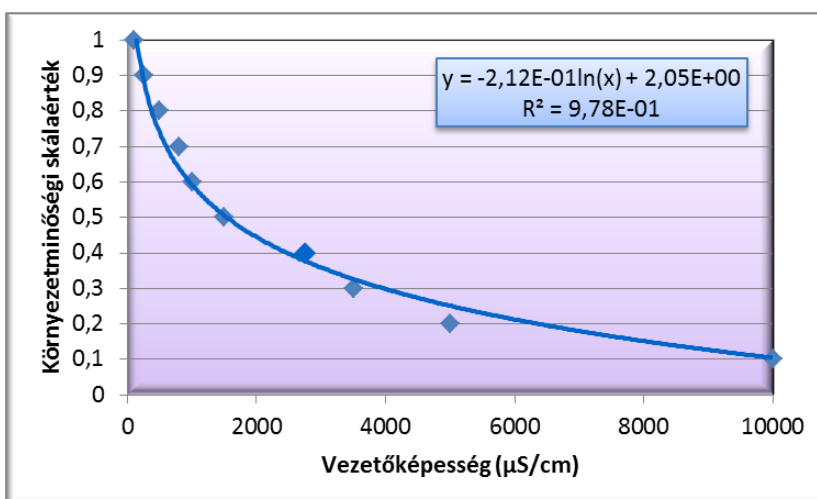
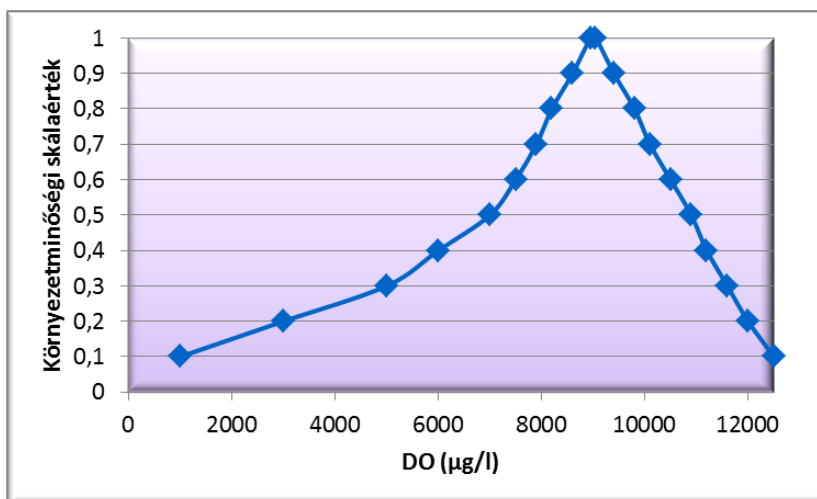
Környezeti paraméter	Mértékegység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték	Σ Q _{ip}	Σ IM
1. Zalatorkolat							
pH		7,8-9,2	8,39	1,097	911,957	622,762	622,762
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	8000	1,313	761,905		
KOI	µg/l	7000	11100	2,703	370		
Vezetőképesség	µS/cm	900	639	1,252	798,75		
Szulfát	µg/l	9	67800	3,687	271,2		
2. Keszthelyi-öböl							
pH		7,8-9,2	8,64	1,065	939,13	661,741	661,741
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	9200	1,141	876,19		
KOI	µg/l	7000	8800	3,409	293,333		
Vezetőképesség	µS/cm	900	609	1,314	761,25		
Szulfát	µg/l	9	109700	2,279	438,8		
3. Balatongyörök							
pH		7,8-9,2	8,62	1,067	936,957	688,575	688,575
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	10500	1,000	1000		
KOI	µg/l	7000	8600	3,488	286,667		
Vezetőképesség	µS/cm	900	609	1,314	761,25		
Szulfát	µg/l	9	114500	2,183	458		
4. Szigligeti tóközép							
pH		7,8-9,2	8,66	1,062	941,304	668,983	668,983
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	9500	1,105	904,762		
KOI	µg/l	7000	8100	3,704	270		
Vezetőképesség	µS/cm	900	609	1,314	761,25		
Szulfát	µg/l	9	116900	2,139	467,6		
5. Szigligeti-öböl							
pH		7,8-9,2	8,62	1,067	936,957	682,666	682,666
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	10100	1,040	961,905		
KOI	µg/l	7000	8300	3,614	276,667		
Vezetőképesség	µS/cm	900	612	1,307	765		
Szulfát	µg/l	9	118200	2,115	472,8		

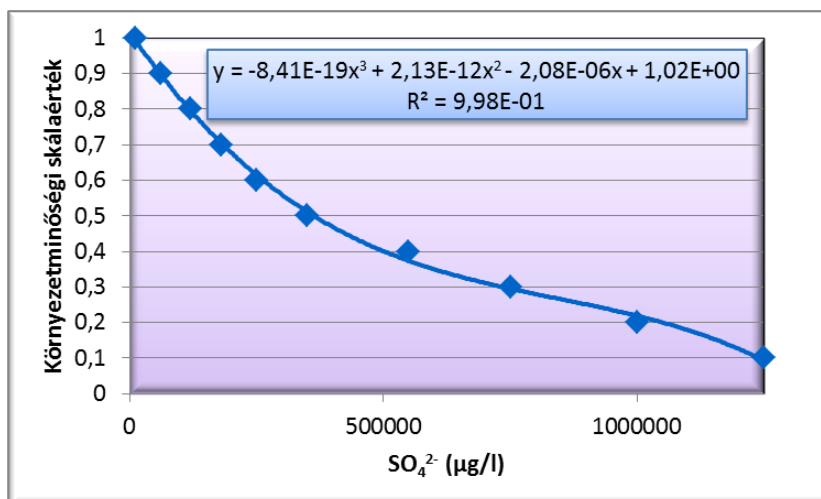
Környezeti paraméter	Mértékegység	Határérték	Mért érték	Q _{ip} érték	IM _i érték	Σ Q _{ip}	Σ IM
6. Révfülöp							
pH		7,8-9,2	8,63	1,066	938,043	680,195	680,195
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	10000	1,050	952,381		
KOI	µg/l	7000	8100	3,704	270		
Vezetőképesség	µS/cm	900	611	1,309	763,75		
Szulfát	µg/l	9	119200	2,097	476,8		
7. Balatonakali							
pH		7,8-9,2	8,64	1,065	939,13	665,610	665,610
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	9600	1,094	914,286		
KOI	µg/l	7000	6700	4,478	223,333		
Vezetőképesség	µS/cm	900	610	1,311	762,5		
Szulfát	µg/l	9	122200	2,046	488,8		
8. Balatonfüredi-öböl							
pH		7,8-9,2	8,61	1,069	935,87	683,693	683,693
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	10000	1,050	952,381		
KOI	µg/l	7000	6500	4,615	216,667		
Vezetőképesség	µS/cm	900	631	1,268	788,75		
Szulfát	µg/l	9	131200	1,905	524,8		
9. Siófok							
pH		7,8-9,2	8,65	1,064	940,217	669,073	669,073
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	9500	1,105	904,762		
KOI	µg/l	7000	5800	5,172	193,333		
Vezetőképesség	µS/cm	900	629	1,272	786,25		
Szulfát	µg/l	9	130200	1,920	520,8		
10. Fűzfői-öböl							
pH		7,8-9,2	8,64	1,065	939,13	684,062	684,062
Oldott oxigén	µg/l	7500-10500	10000	1,050	952,381		
KOI	µg/l	7000	6000	5,000	200		
Vezetőképesség	µS/cm	900	632	1,266	79		
Szulfát	µg/l	9	134700	1,856	538,8		

11.9 Melléklet a IV. esettanulmányhoz: a Balaton

környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához szükséges segéd diagramok

A Balaton környezetállapotának Battelle módszerrel történő vizsgálatához használt diagramok. A KOI diagramot a **9. ábra** mutatja be, a pH diagram pedig a **11.6 melléklet**ben található:





**11.10 Melléklet: Az informatív környezetminősítő index módszer
környezeti elemek/komponensekre vonatkozó környezeti
referencia adatbázisa**

Környezeti elem: Levegő				
Paraméter	Határérték	Típus	Mérték-egység	Hatályos jogszabály ^{1,2}
SO ₂	250	h	µg/m ³	1
NO ₂	100	h	µg/m ³	1
CO	10000	h	µg/m ³	1
PM ₁₀	50	24	µg/m ³	1
Pb	0,3	é	µg/m ³	1
Hg	1	é	µg/m ³	1
Benzol	10	24	µg/m ³	1
O ₃	120	24	µg/m ³	1
As	0,01	é	µg/m ³	1
Cd	0,005	é	µg/m ³	1
Ni	0,025	é	µg/m ³	1
3,4-Benz(a)pirén	0,001	24	µg/m ³	1
Cr	0,05	é	µg/m ³	1
Be	0,05	é	µg/m ³	1
1,3-Butadién	2,25	é	µg/m ³	1
Dioxinok és furánok	0,000001		pg/mg ³	1
Tetraklór-etilén	250	24	µg/m ³	1
Triklór-etilén	23	é	µg/m ³	1
Vinil-klorid	5	é	µg/m ³	1
Azbeszt	1000	24	µg/m ³	1
PM _{2,5}	25	é	µg/m ³	1
Aceton	350	h	µg/m ³	2
Zn	10	24	µg/m ³	2
Etanol-amin	30	h	µg/m ³	2
Étil-alkohol	5000	h	µg/m ³	2
Metil-Éter/Dimetil-Éter	2000	h	µg/m ³	2
Metil-Tercier-Butiléter	250	h	µg/m ³	2
NaOH	50	h	µg/m ³	2
NOX	200	h	µg/m ³	2
Paraffin CH-k	500	h	µg/m ³	2
Cu	1	24	µg/m ³	2
HCl	20	h	µg/m ³	2
Trimetil-Benzolok	2000	h	µg/m ³	2

¹4/2011. (I.14.) VM rendelet: 1. melléklet (Hatályos: 2013.12.24)

²4/2011. (I.14.) VM rendelet: 2. melléklet (Hatályos: 2013.12.24)

Környezeti elem: Felszíni vízfolyás			
Paraméter	Határérték	Mértékegység	Hatályos jogszabály ^{3,4}
Alaklór	0,3	µg/l	3
Antracén	0,1	µg/l	3
Atrazin	0,6	µg/l	3
Benzol	10	µg/l	3
Brómozott difeniléter	0,0005	µg/l	3
Cd	0,09	µg/l	3
Szén-tetraklorid	12	µg/l	3
C10-13 Klóralkánok	0,4	µg/l	3
Klórfevínfosz	0,1	µg/l	3
Klórpirifosz (etilklórpirifosz)	0,03	µg/l	3
Ciklodién peszticidek	0,01	µg/l	3
Összes DDT	0,025	µg/l	3
Para-para-DDT	0,01	µg/l	3
1,2-diklórétán	10	µg/l	3
Diklór-metán	20	µg/l	3
Di[2-etilhexil]ftalát (DEHP)	1,3	µg/l	3
Diuron	0,2	µg/l	3
Endoszulfán	0,005	µg/l	3
Fluorantén	0,1	µg/l	3
Hexaklór-benzol	0,01	µg/l	3
Hexaklór-butadién	0,1	µg/l	3
Hexaklór-ciklohexán	0,02	µg/l	3
Izoproturon	0,3	µg/l	3
Pb	7,2	µg/l	3
Hg	0,05	µg/l	3
Naftalin	2,4	µg/l	3
Nonilfenol(4-nonilfenol)	0,3	µg/l	3
Oktilfenol (4-[1,1',3,3'-tetrametil-butil]fenol)	0,1	µg/l	3
Pentaklór-benzol	0,007	µg/l	3
Pentaklór-fenol	0,4	µg/l	3
Benzo[a]pirén	0,05	µg/l	3
Benzo[b,k]fluorantén	0,03	µg/l	3
Simazin	1	µg/l	3
Tetraklór-etilén	10	µg/l	3
Triklór-etilén	10	µg/l	3
Tributil-ón vegyületek	0,0002	µg/l	3
Triklór-benzolok	0,4	µg/l	3
Triklór-metán	2,5	µg/l	3
Trifluralin	0,03	µg/l	3
Na	200000	µg/l	4
Al	200	µg/l	4
Ni	20	µg/l	4
Fe	200	µg/l	4

³4/2011. (I.14.) VM rendelet: 1. melléklet (Hatályos: 2013.12.24)⁴201/2001. (X.25.) Korm. rendelet (Hatályos: 2015.01.01)

Környezeti elem: Felszíni vízfolyás			
Paraméter	Határérték	Mértékegység	Hatályos jogszabály^{5,6}
Zn	75	µg/l	5
Cu	10	µg/l	5
Cr	20	µg/l	5
As	20	µg/l	5
Síkvidéki kisvízfolyások (11,12,15,18 típusok)			
pH	6,5-9		6
Vezetőképesség	1000	µS/cm	6
Klorid	60000	µg/l	6
Oldott oxigén	6000	µg/l	6
BOI ₅	4000	µg/l	6
KOI	30000	µg/l	6
NH ₄ -N	400	µg/l	6
NO ₂ -N	60	µg/l	6
NO ₃ -N	2000	µg/l	6
Összes N	3000	µg/l	6
PO ₄ -P	200	µg/l	6
Összes P	400	µg/l	6
Hegyvidéki és dombvidéki kisvízfolyások (3,5,9 típusok)			
pH	6,5-9		6
Vezetőképesség	900	µS/cm	6
Klorid	50000	µg/l	6
Oldott oxigén	7000	µg/l	6
BOI ₅	3500	µg/l	6
KOI	20000	µg/l	6
NH ₄ -N	200	µg/l	6
NO ₂ -N	60	µg/l	6
NO ₃ -N	3000	µg/l	6
Összes N	4000	µg/l	6
PO ₄ -P	50	µg/l	6
Összes P	100	µg/l	6

⁵10/2010. (VIII.18.) VM rendelet: 3. melléklet (Hatályos: 2014.11.29)⁶10/2010. (VIII.18.) VM rendelet: 2. melléklet (Hatályos: 2014.11.29)

Környezeti elem: Felszíni állóvíz			
Paraméter	Határérték	Mértékegység	Hatályos jogszabály^{3,4}
Alaklór	0,3	µg/l	3
Antracén	0,1	µg/l	3
Atrazin	0,6	µg/l	3
Benzol	10	µg/l	3
Brómozott difeniléter	0,0005	µg/l	3
Cd	0,09	µg/l	3
Szén-tetraklorid	12	µg/l	3
C10-13 Klóralkánok	0,4	µg/l	3
Klórfevínfosz	0,1	µg/l	3
Klórpirifosz (etilklórpirifosz)	0,03	µg/l	3
Ciklodién peszticidek	0,01	µg/l	3
Összes DDT	0,025	µg/l	3
Para-para-DDT	0,01	µg/l	3
1,2-diklórétán	10	µg/l	3
Diklór-metán	20	µg/l	3
Di[2-etilhexil]ftalát (DEHP)	1,3	µg/l	3
Diuron	0,2	µg/l	3
Endoszulfán	0,005	µg/l	3
Fluorantén	0,1	µg/l	3
Hexaklór-benzol	0,01	µg/l	3
Hexaklór-butadién	0,1	µg/l	3
Hexaklór-ciklohexán	0,02	µg/l	3
Izoproturon	0,3	µg/l	3
Pb	7,2	µg/l	3
Hg	0,05	µg/l	3
Naftalin	2,4	µg/l	3
Nonilfenol(4-nonilfenol)	0,3	µg/l	3
Oktilfenol (4-[1,1',3,3'-tetrametil-butil]fenol)	0,1	µg/l	3
Pentaklór-benzol	0,007	µg/l	3
Pentaklór-fenol	0,4	µg/l	3
Benzo[a]pirén	0,05	µg/l	3
Benzo[b,k]fluorantén	0,03	µg/l	3
Simazin	1	µg/l	3
Tetraklór-etilén	10	µg/l	3
Triklór-etilén	10	µg/l	3
Tributil-ón vegyületek	0,0002	µg/l	3
Triklór-benzolok	0,4	µg/l	3
Triklór-metán	2,5	µg/l	3
Trifluralin	0,03	µg/l	3
Na	200000	µg/l	4
Al	200	µg/l	4
Ni	20	µg/l	4
Fe	200	µg/l	4

Környezeti elem: Felszíni állóvíz			
Paraméter	Határérték	Mértékegység	Hatályos jogszabály^{5,6}
Zn	75	µg/l	5
Cu	10	µg/l	5
Cr	20	µg/l	5
As	20	µg/l	5
Vízminőségi határértékek állóvizekre S16			
pH	7,8-9,2		6
Vezetőképesség	800	µS/cm	6
Oldott oxigén	7500-10500	µg/l	6
BOI ₅	2500	µg/l	6
KOI	30000	µg/l	6
NH ₄ -N	50	µg/l	6
NO ₃ -N	60	µg/l	6
Összes N	1400	µg/l	6
PO ₄ -P	10	µg/l	6
Összes P	120	µg/l	6

Környezeti elem: Felszín alatti víz			
Paraméter	Határérték	Mérték-egység	Hatályos jogszabály⁷
Króm	50	µg/l	7
Króm VI.	10	µg/l	7
Kobalt	20	µg/l	7
Nikkel	20	µg/l	7
Réz	200	µg/l	7
Cink	200	µg/l	7
Arzén	10	µg/l	7
Molibdén	20	µg/l	7
Szelén	10	µg/l	7
Kadmium	5	µg/l	7
Ón	10	µg/l	7
Bárium	700	µg/l	7
Higany	1	µg/l	7
Ólom	10	µg/l	7
Bór	500	µg/l	7
Ezüst	10	µg/l	7
Cianid	100	µg/l	7
Tiocianátok	50	µg/l	7
Fluorid	1500	µg/l	7

⁷6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet (Hatályos: 2014.11.29.)

Környezeti elem: Felszín alatti víz			
Paraméter	Határérték	Mértékegység	Hatályos jogszabály⁷
Szulfát	250	µg/l	7
Foszfát	500	µg/l	7
Nitrát	50	µg/l	7
Ammónium	500	µg/l	7
Összes alifás szénhidrogén (TPH)	100	µg/l	7
Benzol	1	µg/l	7
Toluol	20	µg/l	7
Etil-benzol	20	µg/l	7
Xilolok	20	µg/l	7
Egyéb alkilbenzolok	20	µg/l	7
Halogénezett aromás szénhidrogének	2	µg/l	7
Halogénezett alifás szénhidrogének	40	µg/l	7
Vinil-klorid	0,5	µg/l	7
Klórfenolok összesen	6	µg/l	7
PCB összesen	0,001	µg/l	7
DDT/DDD/DDE	0,001	µg/l	7
Összes drin	0,03	µg/l	7
Összes HCH	0,1	µg/l	7
Triazinok	0,1	µg/l	7
Foszforsavészterek	0,1	µg/l	7
Fenoxi karbonsav származékok	0,1	µg/l	7
Karbamátok	0,1	µg/l	7
pH	6,5-9	µg/l	7
Metanol	1000	µg/l	7
Izopropil-alkohol	1000	µg/l	7
Glikolok	1000	µg/l	7
Piridin	0,75	µg/l	7
Tetrahydro-furán	1	µg/l	7
Tetrahydro-tiofén	1	µg/l	7
Antimon	5	µg/l	7
Alumínium	200	µg/l	7
Bróm	10	µg/l	7
Nitrit	500	µg/l	7
Nátrium	200000	µg/l	7
Klorid	250000	µg/l	7
Hexaklór-butadién	0,1	µg/l	7
Vezetőképesség	2500	µS/cm	7
Polibrómozott-bifenilek és Polibrómozott-bifenil-éterek	0,0005	µg/l	7
Szerves ón vegyületek	0,001	µg/l	7

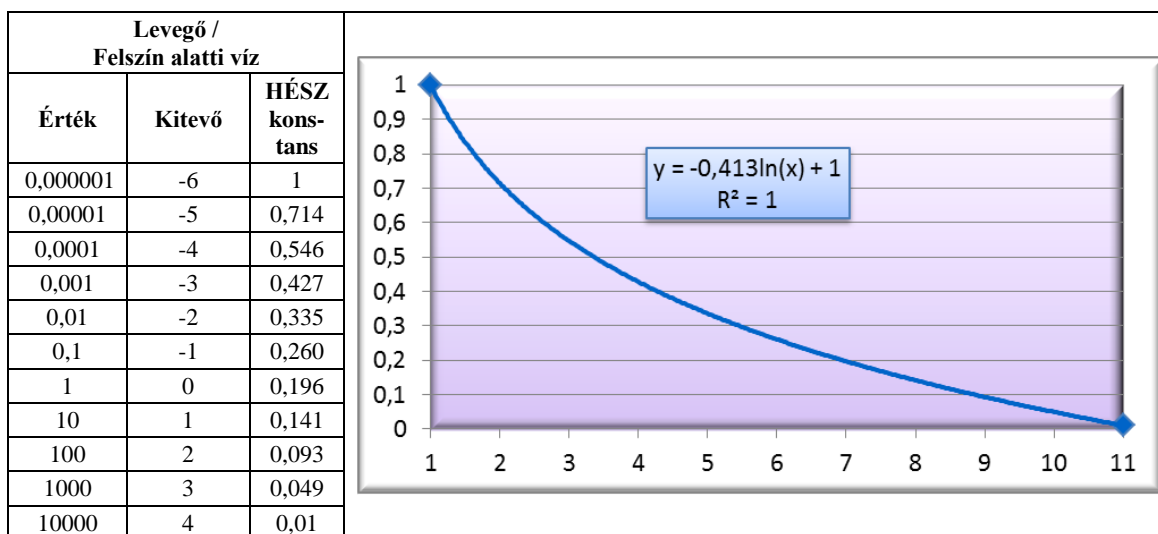
Környezeti elem: Földtani közeg			
Paraméter	Határérték	Mérték-egység	Hatályos jogszabály⁷
Króm	75	mg/kg	7
Króm VI.	1	mg/kg	7
Kobalt	30	mg/kg	7
Nikkel	40	mg/kg	7
Réz	75	mg/kg	7
Cink	200	mg/kg	7
Arzén	15	mg/kg	7
Szelén	1	mg/kg	7
Molibdén	7	mg/kg	7
Kadmium	1	mg/kg	7
Ón	30	mg/kg	7
Bárium	250	mg/kg	7
Higany	0,5	mg/kg	7
Ólom	100	mg/kg	7
Ezüst	2	mg/kg	7
Cianid összes	20	mg/kg	7
Tiocianátok	1	mg/kg	7
Összes alifás szénhidrogén (TPH)	100	mg/kg	7
Benzol	0,2	mg/kg	7
Toluol	0,5	mg/kg	7
Etil-benzol	0,5	mg/kg	7
Xilolok	0,5	mg/kg	7
Egyéb alkilbenzolok	0,5	mg/kg	7
Fenolok	1	mg/kg	7
PAH-ok	1	mg/kg	7
Halogénezett aromás szénhidrogének	1	mg/kg	7
Halogénezett alifás szénhidrogén	0,1	mg/kg	7
Vinil-klorid	0,05	mg/kg	7
Klórfeholok összesen	0,1	mg/kg	7
Poliklórozott bifenilek (PCB)	0,1	mg/kg	7
DDT/DDD/DDE	0,1	mg/kg	7
Összes drin	0,1	mg/kg	7
Összes HCH	0,1	mg/kg	7
Triazinok	0,1	mg/kg	7
Foszforsavészterek	0,1	mg/kg	7
Fenoxi karbonsav származékok	0,1	mg/kg	7
Karbamátok	0,1	mg/kg	7
Piridin	0,1	mg/kg	7
Tetrahydro-furán	0,5	mg/kg	7
Tetrahydro-tiofén	0,5	mg/kg	7
Antimon	5	mg/kg	7

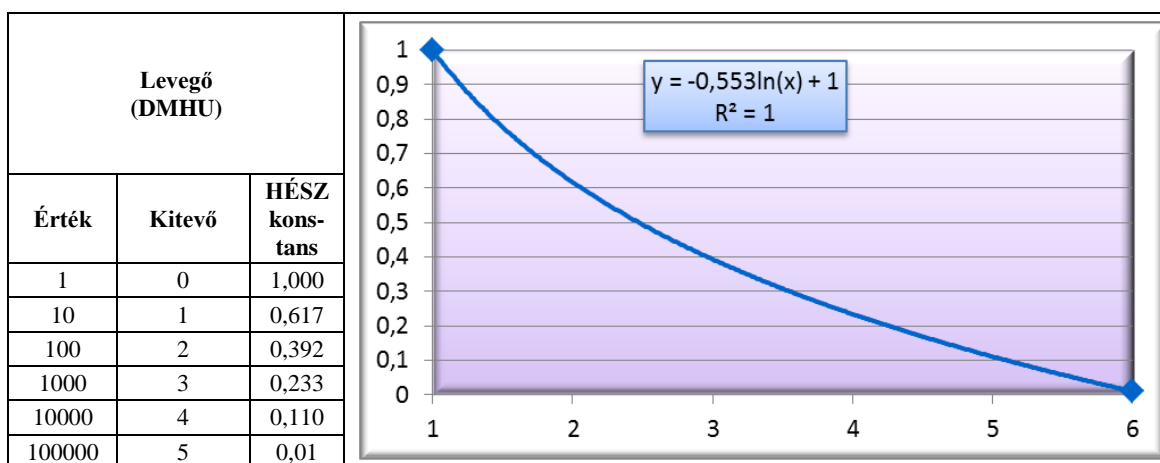
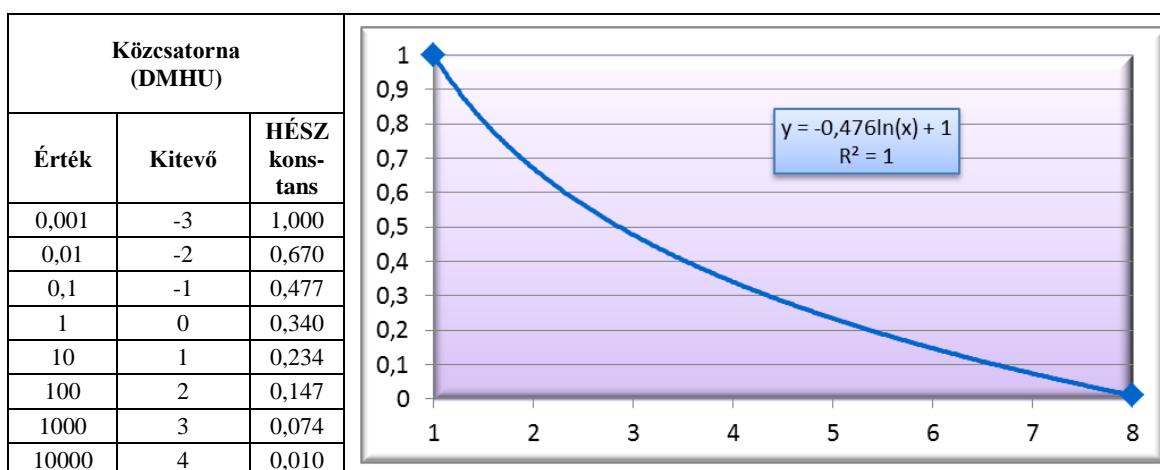
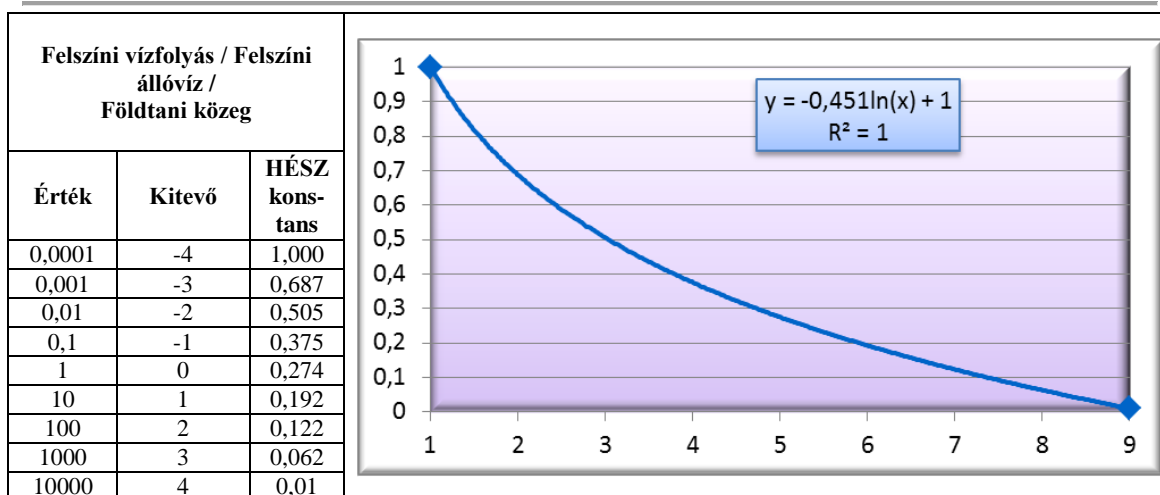
Környezeti elem: Földtani közeg			
Paraméter	Határérték	Mérték-egység	Hatályos jogszabály⁷
Bór	1000	mg/kg	7
Bróm vegyületei	10	mg/kg	7
Nitrát	500	mg/kg	7
Nitrit	100	mg/kg	7
Ammónia	250	mg/kg	7
Hexaklór-butadién	0,1	mg/kg	7
Vezetőképesség	2500	mg/kg	7
Polibrómozott-bifenilek és Polibrómozott-bifenil-éterek	0,001	mg/kg	7
Szerves ón vegyületek	0,001	mg/kg	7
Izopropil-alkohol	10	mg/kg	7
Glikolok	10	mg/kg	7

Környezeti komponens: Közcsatorna			
Paraméter	Határérték	Mérték-egység	Hatályos jogszabály⁸
KOI	1000	mg/l	8
pH	6,5-10		8
Összes só	2500	mg/l	8
NH ₄ -N	120	mg/l	8
Összes Fe	15	mg/l	8
Szulfát	400	mg/l	8
SZOE	50	mg/l	8
Cd	0,075	mg/l	8
Cr	0,75	mg/l	8
Ni	0,75	mg/l	8
Pb	0,35	mg/l	8
Cu	1,25	mg/l	8
Zn	3,5	mg/l	8
Sn	2	mg/l	8
Cr(VI)	0,3	mg/l	8

⁸Egyedi határérték (DMHU) (Hatályos: 2019.12.19)

Környezeti elem: Levegő			
Paraméter	Határérték	Mérték-egység	Hatályos jogszabály ⁸
CO	7700	mg/Nm ³	8
1,2,4-Trimetil-Benzol	150	mg/Nm ³	8
Aceton	750	mg/Nm ³	8
Ásványolaj gőzök	200	mg/Nm ³	8
Zn	20	mg/Nm ³	8
Etanol-amin	450	mg/Nm ³	8
Etil-alkohol	675	mg/Nm ³	8
Heptán	450	mg/Nm ³	8
Metil-Éter/Dimetil-Éter	150	mg/Nm ³	8
Metil-Tercier-Butiléter	1650	mg/Nm ³	8
NaNO ₃	10	mg/Nm ³	8
NaOH	150	mg/Nm ³	8
NaNO ₂	5	mg/Nm ³	8
NO _x	21650	mg/Nm ³	8
Paraffin CH-k	9825	mg/Nm ³	8
Cu	15	mg/Nm ³	8
HCl	60	mg/Nm ³	8
Szilárd anyag	2665	mg/Nm ³	8
Trimetil-Benzolok	150	mg/Nm ³	8
Pentanolok	150	mg/Nm ³	8
SO _x	50	mg/Nm ³	8
oktán	150	mg/Nm ³	8





11.11 Melléklet: A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlító értékelése a kritériumok alapján

A vizsgált mennyiségi módszerek összehasonlítását Dean és Nishry által kifejlesztett páros összehasonlítási módszerrel is analizáltam. A vizsgálat során figyelembe vett 2-17. kritériumok esetén elvégzett összehasonlítások táblázatai és ACC értékei az alábbiakban kerültek felsorolásra.

2. Súlyoz-e környezeti elemenként?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	0	1	0	1	2	0,13	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	1	0	x	1	0	1	3	0,20	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

3. Érzékeny-e a határértékekre?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	1	1	0	1	3	0,20	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	0	0	x	1	0	1	2	0,13	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

4. A szélsőséges értékeket optimálisan veszi-e figyelembe?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	0	0	0	1	1	0,07	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	1	0	x	1	0	1	3	0,20	
Topsis-Saw	1	0	0	x	0	1	2	0,13	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

5. Egyértelmű-e a módszer alkalmazása?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	1	1	1	0	1	4	0,27	
I _M	0	x	1	1	0	1	3	0,20	
Battelle	0	0	x	1	0	1	2	0,13	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

6. Flexibilis-e a módszer? (új adattal könnyen bővíthető)	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	1	1	0	1	3	0,20	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	0	0	x	0	0	1	1	0,07	
Topsis-Saw	0	0	1	x	0	1	2	0,13	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

7. Univerzális-e a módszer (bármely esetre közvetlenül alkalmazható)?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	0	1	0	1	2	0,13	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	1	0	x	1	0	1	3	0,20	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

8. Alkalmos-e a módszer különböző esetek összehasonlítására?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	0	1	0	1	2	0,13	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	1	0	x	1	0	1	3	0,20	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

9. A módszer egyetlen környezeti elem vizsgálatára is alkalmas? (informativitás)	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	1	0	0	0	1	2	0,13	
I _M	0	x	0	0	0	1	1	0,07	
Battelle	1	1	x	0	0	1	3	0,20	
Topsis-Saw	1	1	1	x	0	1	4	0,27	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

10. Érzékeny-e a módszer a jogszabályi változásokra (határértékek)?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	1	0	0	1	1	3	0,20	
I _M	0	x	0	0	1	1	2	0,13	
Battelle	1	1	x	0	1	1	4	0,27	
Topsis-Saw	1	1	1	x	1	1	5	0,33	
I _{KMI}	0	0	0	0	x	1	1	0,07	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

11. Alkalmas-e a módszer olyan környezeti paraméterek elemzésére, melyekre nincs határérték megállapítva?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	1	1	0	1	1	4	0,27	
I _M	0	x	0	0	1	1	2	0,13	
Battelle	0	1	x	0	1	1	3	0,20	
Topsis-Saw	1	1	1	x	1	1	5	0,33	
I _{KMI}	0	0	0	0	x	1	1	0,07	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

12. A módszer közvetlenül alkalmazható-e a nemzetközi gyakorlatban?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	1	0	0	1	1	3	0,20	
I _M	0	x	0	0	1	1	2	0,13	
Battelle	1	1	x	0	1	1	4	0,27	
Topsis-Saw	1	1	1	x	1	1	5	0,33	
I _{KMI}	0	0	0	0	x	1	1	0,07	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

13. Alkalmas-e a módszer a jelentős környezeti hatások azonosítására?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	0	0	0	1	1	0,07	
I _M	1	x	1	0	0	1	3	0,20	
Battelle	1	0	x	0	0	1	2	0,13	
Topsis-Saw	1	1	1	x	0	1	4	0,27	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

14. A módszer szolgáltat-e kvalitatív eredményeket?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	1	1	0	1	3	0,20	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	0	0	x	1	0	1	2	0,13	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

15. A módszer szolgáltat-e kvantitatív eredményeket?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	0	1	0	1	2	0,13	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	1	0	x	1	0	1	3	0,20	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

16. A metodika könnyen kezelhető-e?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	1	1	1	1	1	5	0,33	
I _M	0	x	1	1	1	1	4	0,27	
Battelle	0	0	x	1	1	1	3	0,20	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	0	0	0	1	x	1	2	0,13	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1

17. A módszer végkövetkeztetése egyértelmű-e?	I _{PG}	I _M	Battelle	Topsis-Saw	I _{KMI}	Dummy	Σ	ACC	
I _{PG}	x	0	1	1	0	1	3	0,20	
I _M	1	x	1	1	0	1	4	0,27	
Battelle	0	0	x	1	0	1	2	0,13	
Topsis-Saw	0	0	0	x	0	1	1	0,07	
I _{KMI}	1	1	1	1	x	1	5	0,33	
Dummy	0	0	0	0	0	x	0	0,00	
							Σ	15	1