

MŰSZAKI SZEMLE

53 szám, 2011.

Szerkesztőbizottság elnöke / President of Editing Committee

Dr. Köllő Gábor

Szerkesztőbizottság tagjai / Editing Committee

Dr. Balázs L. György – HU
Dr. Biró Károly Ágoston – RO
Dr. Csibi Vencel-József – RO
Dr. Fedák László – UA
Dr. Kása Zoltán – RO
Dr. Kászonyi Gábor – HU
Dr. Majdik Kornélia – RO
Dr. Maros Dezső – RO
Dr. Nagy László – RO
Dr. Pécs Hajnalka – RS
Dr. Puskás Ferenc – RO
Dr. Szalay György – SK
Dr. Turchany Guy – CH
Dr. Sebestyén-Pál György – RO

Kiadja / Editor

Erdélyi Magyar Műszaki
Tudományos Társaság – EMT
Societatea Maghiară Tehnico-Științifică
din Transilvania
Ungarische Technisch-Wissenschaftliche
Gesellschaft in Siebenbürgen
Hungarian Technical Scientific Society
of Transylvania

Felelős kiadó / Managing Editor

Dr. Köllő Gábor

A szerkesztőség címe / Address

Romania
400604 Cluj, Kolozsvár
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.
Tel/fax: 40-264-590825, 594042
Levélcím: RO – 400750 Cluj, C.P. 1-140.

Nyomda / Printing

Incitato Kft.

ISSN 1454-0746

Periodical accredited by the CNCSIS

CNCSIS által elismert folyóirat

Revistă acreditată de CNCSIS

www.emt.ro

emt@emt.ro

Content – Tartalomjegyzék – Cuprins

Rádióhullámok terjedési sebességének direkt mérése Direct Measurement of the Speed of Radio Waves Măsurarea directă a vitezei undelor electromagnetice	
Dombi András, Tunyagi Artur, Néda Zoltán	3
Műszaki megfeleléségi vizsgálat és igazolás a CORUS Rail által gyártott 59 R2-(Ri 59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1- (SEi 60G), 50 E6-jelű sínrendszerekkel kapcsolatban Technical Agreements for Rail Types 59 R2- (Ri 59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1- (SEi 60G), 50 E6- manufactured by CORUS Rail Agreement tehnice pentru șine tip 59 R2- (Ri 59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1- (SEi 60G), 50 E6 produse de Corus Rail	
Kazinczy László	8
Műtárggyal befolyásolt talajvízáramlás hidrodinamikai modellezése Hydrodynamic Modeling of Groundwater Flow Influenced by Works Modelarea hidrodinamică a scurgerii apelor subterane în zona lucrărilor de artă	
Keszeyné Say Emma	16
Alsópályás acélhídszerkezetek általános stabilitási kérdései Stability of Trough Steel Bridges Stabilitatea generală a tablierelor de poduri metalice cu calea jos	
Moga Petru, Gutiu Ștefan, Köllő Gábor, Sanda Naș, Arsene Cornel	23
Nemlineáris öt elem rendszer a karbantartásban Nonlinear System of Five Elements in Maintenance Sistem de 5 elemente non liniare in mentenanță	
Tomáš Stejskal	29
Komplex vegyületek a gyógyászatban Complex Compounds in the Therapy Combi-nații complexe în terapie	
Várhelyi Csaba, Uray Zoltán, Majdik Kornélia, Várhelyi Csaba	39

A kiadvány megjelenését támogatta:

Szülőföld Alap Iroda – Budapest
Communitas Alapítvány – Kolozsvár



Rádióhullámok terjedési sebességének direkt mérése

Direct Measurement of the Speed of Radio Waves

Măsurarea directă a vitezei undelor electromagnetice

DOMBI András¹, Dr. TUNYAGI Artur², Dr. NÉDA Zoltán³

¹mesteri hallgató, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Fizika Kar, Számítógépes Fizika szak

²posztdoktori kutató egyetemi professzor, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Fizika Kar

³egyetemi professzor, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Elméleti fizika tanszék

ABSTRACT

The speed of electromagnetic waves, is one of the most fundamental constants in physics. The independency of this constant of reference frames holds the key to special relativity. In the present work, we present, a direct and simple measurement method for this basic quantity by using a walkie-talkie like system. The method needs the construction of an emitter receptor system, but the measuring principle can be understood with basic high school level physics.

ÖSSZEFOGLALÓ

Az elektromágneses hullámok terjedési sebessége légüres térben a fizika egyik legalapvetőbb állandója. Ezen értéknek a vonatkoztatási rendszerétől való függetlensége képezi a modern relativitáselmélet alapját. Jelen dolgozatban egy általunk épített adó-vevő berendezést mutatunk be, melynek segítségével lehetővé válik ezen alapvető sebesség értékének a direkt megbecsülése. A módszer egyszerű, mérésünk alapelve akár líceumi szintű fizikatudással is megérthető.

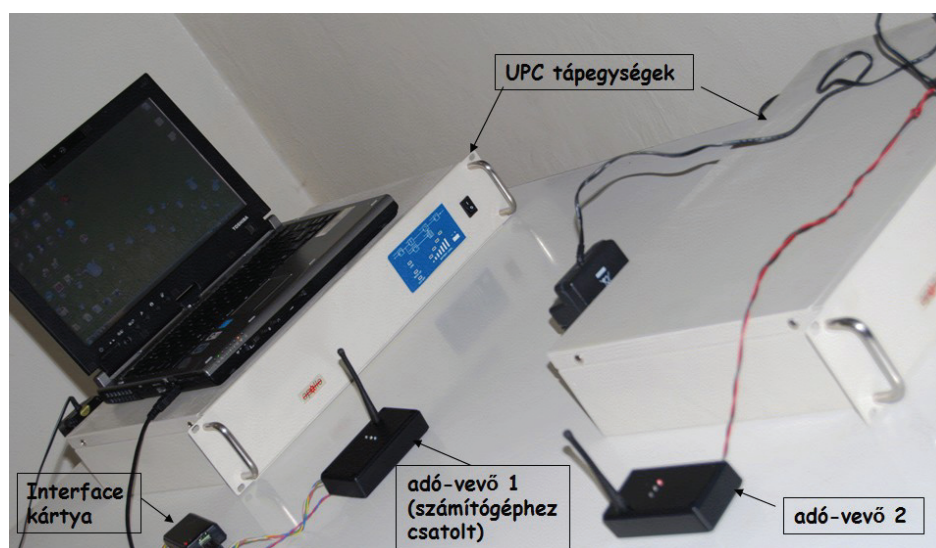
Kulcsszavak: fénysebesség, átfutási-idő, mérés, adatrögzítés, adatfeldolgozás

BEVEZETŐ

A fény terjedésének a megértése, illetve terjedési sebességének a mérése egy nagyon régi tudományos probléma. A fény különböző anyagokban terjed, és anyagtól függően a sebessége is különböző lehet. A fény légüres térben való terjedési sebessége viszont kitüntetett jelentőséggel bír [1]. Ez nyilvánvalóvá válik a fizika több területén is, mint például a speciális relativitás elmélet keretein belül, ahol ennek értéke meghatározza a különböző tehetlenségi vonatkoztatási rendszerekben mért koordináták közti kapcsolatot [2]. Einstein speciális relativitáselmélete értelmében minden megfigyelőnek, minden körülmény közt a vákuumban terjedő fény sebességére ugyanazt az értéket kell kapnia, függetlenül a saját sebességétől: a fénysebesség tehát egy univerzális állandó. A fénysugarak levegőben való nagy terjedési sebességének következtében ($c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$) és a detektáló, illetve kibocsátó berendezések relatív lassú reakcióideje miatt direkt módszerekkel nagyon nehezen mérhető [3]. A fénysebesség direkt módon való mérésével sajnos még egyetemen sem találkozunk, általában csak elhisszük, hogy a fény úgy terjed, és olyan gyorsan, ahogyan azt nekünk elmondják. Líceumi szinten pedig végképp szóba sem jöhet egy fénysebesség-mérési kísérlet. Ezen mennyiség mérése azonban lényeges ahhoz, hogy úgy mond tapasztaľjuk, és ne csak elhiggyük a fénysebesség nagy értékét. Sok más dolgozat keretében is javasoltak líceumi szinten kivitelezhető kísérleteket, azonban ezek aránylag hosszadalmasak, nehézkesek és főleg drágák [3-6]. Ezen okok miatt szerettünk volna egy olyan kísérletet tervezni, melynek keretein belül érzékeltetni és tapasztalni lehet a fénysebesség számbeli értékét, és ezt egy egyszerű berendezés és módszer segítségével akartuk megoldani. Jelen dolgozat keretében mérési módszerünket és a mérési eredményeket mutatjuk be. Fontos azonban már az elején hangsúlyoznunk, hogy itt nem egy olyan új módszert akarunk adni, amivel pontosabban vagy jobban lehet fénysebességet mérni, mint a már létező modern kísérletekkel, hanem egy egyszerű, könnyen megérthető és didaktikai szempontból hasznos módszert akarunk bemutatni. Reméljük, hogy a módszerünk lényege középiskolás szinten is megérthető, és megismételhető akár líceumi laborokban is.

A KÍSÉRLETI BERENDEZÉS

Fénysugarakkal dolgozni, ezeket nagy távolságra küldeni és ott detektálni nagyon körülményes berendezéseket és beállításokat igényel. Ismert tény azonban, hogy a fénysugarak elektromágneses hullámok, és minden elektromágneses hullámnak a terjedési sebessége legüres térben ugyanaz a c állandó érték. Fénysugarak helyett dolgozhatunk tehát könnyebben kezelhető más elektromágneses hullámokkal, például rádióhullámokkal. A manapság nagyon elterjedt és olcsó deciméteres hullámhosszú adó-vevő integrált chippek [7], amelyek a 439.75 ~ 929.27 MHz frekvencia tartományban (0.68 – 0.32m-es hullámhossz között) képesek adat küldésére és detektálásra, kiváló lehetőséget biztosítanak erre. A módszerünkkel tehát ezen rádióhullámok terjedési sebességét fogjuk mérni. Földi körülmények között légüres térben nem mérhetünk, ezért a levegőben való terjedési sebességet fogjuk meghatározni. Ez azonban nagyságrendileg nagyon jól megközelíti a légürestérbeli terjedési sebességet, és az ettől való különbség a méréseink hibahatárain belül van. Mérési berendezésünk lényege két adó-vevő (AV), amelyek közül az egyik egy számítógép USB portjára van csatlakoztatva adapteren keresztül. Az AV-k fényképe az 1. ábrán látható.



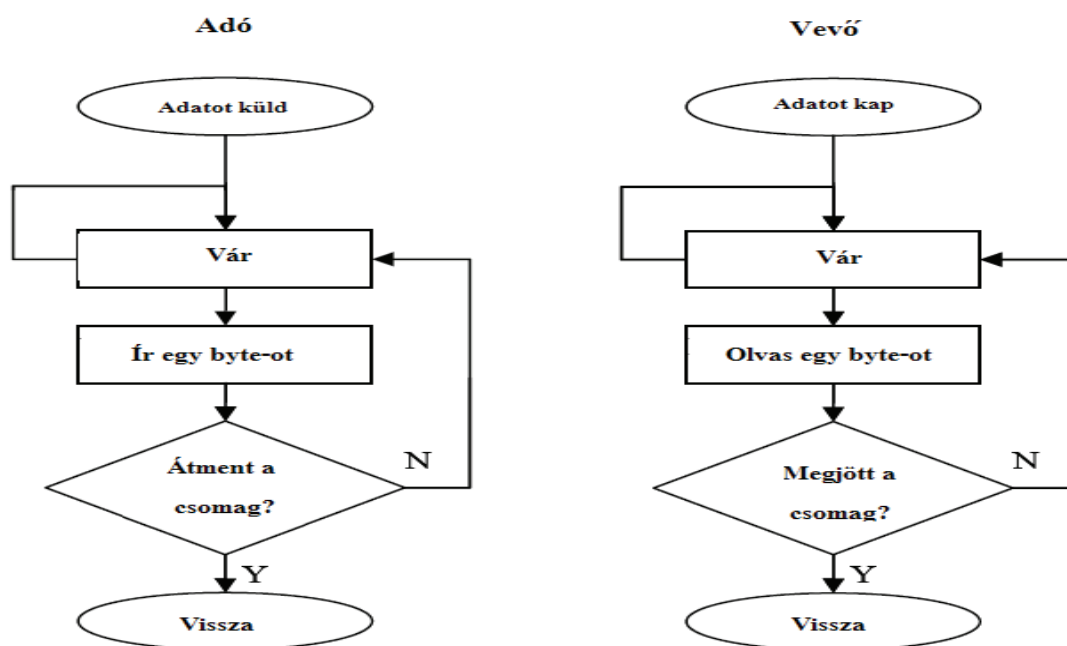
1. ábra

A méréshez használt két adó-vevő, ezeknek tápegységei illetve a notebook számítógéphez való csatlakozás.

Mindkét AV működéshez 12 V-os egyenáramú feszültségforrásra van szükség. Az általunk épített AV berendezés egy-egy byte nagyságú adatsomag elküldésére, illetve ezen adatsomag detektálására képes. Másodpercenként 30-40 adatsomagot tudnak küldeni illetve detektálni. A számítógéphez csatlakoztatott AV (jelöljük a továbbiakban ezt AV1-el) adatokat küld a másiknak (AV2). Miután AV2 ezt a jelet detektálja, válaszol AV1-nek. Ha AV1 választ kap az általa küldött jelre, a válaszig eltelt időt $1/8 \mu\text{s}$ pontossággal meghatározza, és a mért értéket az adapteren keresztül a számítógépnek továbbítja, ami lementi ennek értékét. Ha AV1 nem kap választ az általa küldött jelre, egy újabb adatsomagot küld.

Az AV-k legfontosabb része az RFM12BP kódszámú integrált áramkör [8], melyet a HOPE Microelectronics cég gyárt. Ez mind adatküldésre, mind adatrögzítésre alkalmas, így az AV1-ben és az AV2-ben is ugyanez található. Az RFM12BP egy olcsó ISM (industrial, scientific and medical) hullámhosszon működő adó-vevőként működtethető integrált áramkör. Három jól megkülönböztethető hullámhosszon lehet működtetni, ezek a következők: 433 MHz, 868 MHz, 915 MHz. Könnyen alkalmazható távirányításra, drót nélküli jeladásra és jelrögzítésre, illetve adatgyűjtésre.

A működési módot, vagyis, hogy melyik az adó és melyik a vevő, az áramkörön található mikrokontroller állapota határozza meg. A mikrokontroller beállításai alapján egyik AV "master" állapotban működik, míg a másik AV „slave” állapotban. Így a két AV "master-slave" kapcsolatban lesz egymással, ami azt jelenti, hogy az AV1, mely az adatokat küldi, a "master" szerepét fogja betölteni, míg az AV2, mely visszajelez minden kapott adatra, „slave”-ként működik. Az AV-k egy C++ program segítségével működnek. Az AV1 adatot küld és elindítja az órát. Ha az AV1 által elküldött adat megérkezik az AV2-höz, az válaszol egy 1 byte nagyságú adatsomaggal. Amikor a visszajelzés elér az AV1-hez, az megállítja az órát, kiírja az eltelt idő értékét egy file-ba, és újra adatot küld, újraindítván az órát is.



2. ábra
Adó-vevő elvi működése

Az AV1 és AV2 segítségével tehát elvileg meg tudjuk mérni a kommunikálásra használt elektromágneses hullámok terjedési sebességét, ha ismerjük az AV1 és AV2 közti távolságot. A probléma azonban több okból kifolyólag nem ennyire egyszerű:

1. Az AV-k kis teljesítményűek, és maximálisan 3 km távolságra képesek kommunikálni egymással. A méréseket tehát aránylag kis távolságokon kell elvégezni, ezeken a távolságokon viszont az elektromágneses hullámok nagyon rövid (mikroszekundum nagyságrendű) idő alatt jutnak el az AV1-től az AV2-ig és vissza. Az 1/8 μ s időfelbontásunk éppen, hogy elégséges a mérés elvégzéséhez. Jobb mérési eredmény elérése érdekében nagyszámú átfutási időt fogunk mérni. Az AV-k egy adott helyzeténél kb. 10 percig gyűjtjük az átfutási idők értékét. Ez azt jelenti, hogy kb. 20 000 mérési eredményt tudunk majd feldolgozni egy adott távolság esetén.

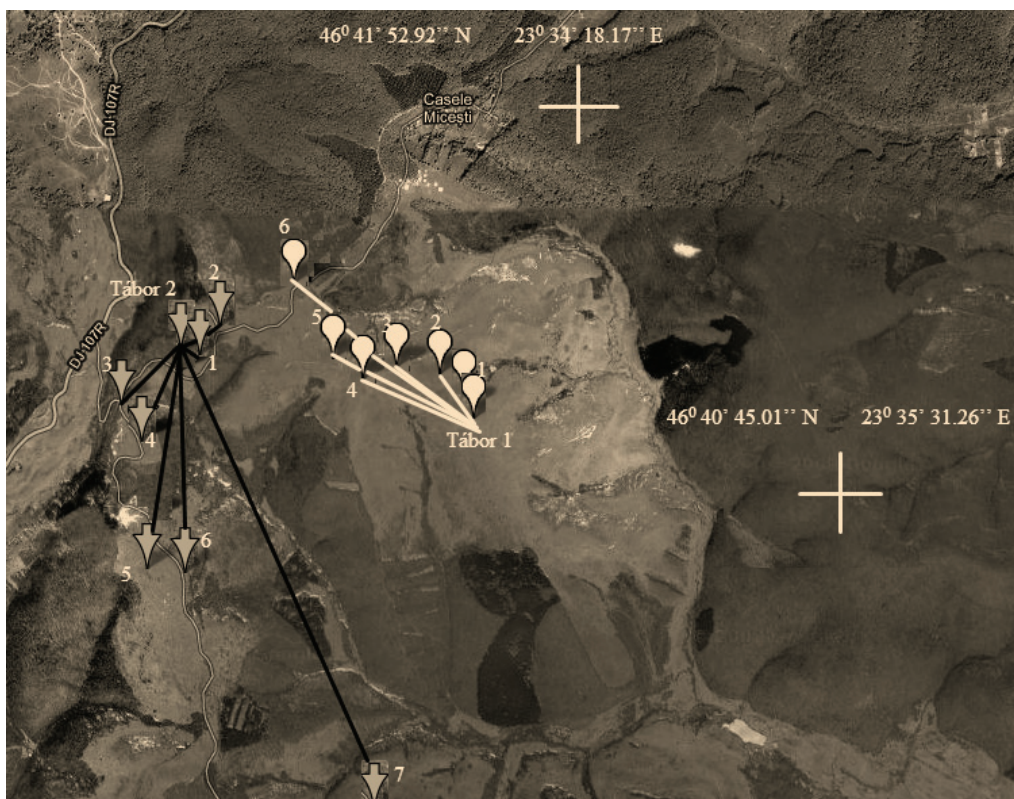
2. Az általunk használt rádióhullámok hullámhossza aránylag kicsi, ezért a visszaverődési effektusok lényegesek lehetnek. Ennek elkerülésére végeztünk nyílt terepen kell mérnünk, ott viszont általában nem áll rendelkezésünkre elektromos hálózat az AV-k és a számítógép működtetéséhez. A megoldás az, hogy két feltöltött hálózati számítógép akkumulátort (UPS) viszünk magunkkal a kiválasztott mérési helyre. Számítógépnek meg hordozható notebook számítógépet használunk, amely saját akkumulátorral rendelkezik.

3. Mivel nyílt terepen mérünk, és az AV-k közti távolság km nagyságú lehet, probléma ezen távolság pontos mérése is. Az AV-k közti távolság mérése a legegyszerűbben úgy lehetséges, hogy a manapság könnyen beszerezhető GPS helymeghatározó segítségével rögzítjük az AV1 és AV2 pontos koordinátáit, majd a koordináták ismeretében a Google Earth ingyenes program segítségével meghatározzuk a két földrajzi pont közti távolságot. Kis távolságok esetén (10-50m) a távolságot egy mérőszalag segítségével direkt módon mérjük.

4. A legnagyobb probléma azonban onnan adódik, hogy az AV-k közti kommunikációs idő nagy része nem az elektromágneses hullámok véges terjedési sebességéből származik, hanem az AV-n levő késésekből. Az AV-n az adatok kibocsátásához, illetve detektálásához szükséges idők nagyságrendekkel nagyobbak, mint a jel átfutásához szükséges idő. Egy adott távolságon való egyszerű mérésre tehát semmi reményünk nincs, marad a relatív mérések lehetősége. A relatív mérések lényege az, hogy különböző távolságokon végezzük el a mérést, és az átfutási idők különbségeit tekintjük. Feltételezve, hogy a berendezéseinken levő késés átlaga minden távolság esetén ugyanaz, a jel átlagos átfutási értékeiből adódó különbségek a rádióhullámok véges terjedési sebességéből származnak. A legegyszerűbb módszer a keresett sebesség meghatározására az, hogy a különböző távolságokon kapott átlagos átfutási idő függvényében ábrázoljuk az AV-k közti távolságot. Az így kapott egyenes meredeksége megadja a keresett sebességet.

MÉRÉSEK

Méréseinknek megfelelő terepet a Kolozsvár közelében levő Bükk-erdő szélén és Árpád-csúcs környékén levő nyílt legelő (mező) biztosított. Két különböző alkalommal mértünk ott, más-más pontok között. Mindkét alkalommal kiválasztottunk egy helyszínt a tábornak, amelytől látótávolságon belül aránylag messzire el lehetett jutni autóval. Minden helyszínen GPS segítségével rögzítettük a koordinátákat és a tengerszint feletti magasságot, az AV-k közti távolságot ezek segítségével utólag számoltuk ki. Egy helyen 5-6 alkalommal is leírtuk a koordinátákat, majd ezekből átlagokat számolva állapítottuk meg a pontos helyszínt. A két alkalommal használt mérési pontokat a 3. ábrán, a Google Earth képen szemléltetjük.



3. ábra

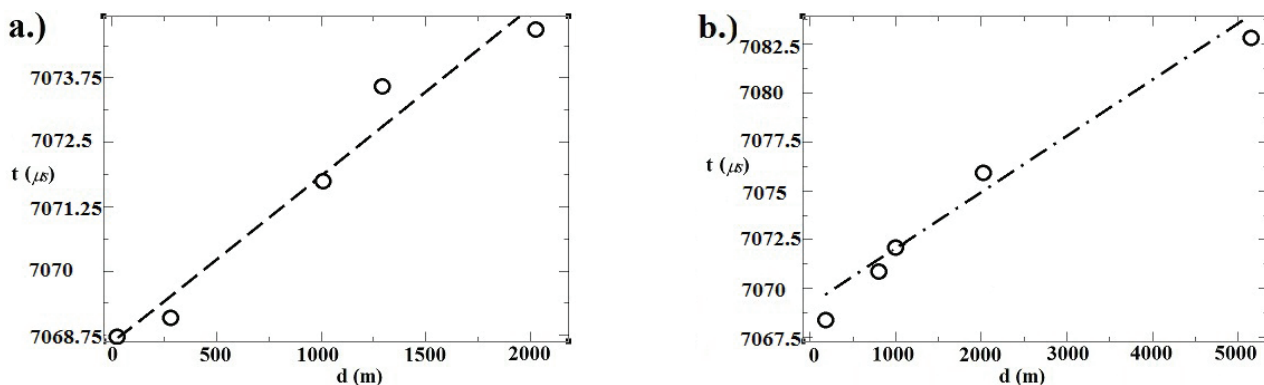
Google Earth térkép a méréseink helyszíneiről, fehér vonallal az első mérés, feketével a második mérés esetén a légvonalban levő utat jelöltük.

A tábornál maradt az első adó-vevő (AV1) egy tápláló UPS-el, és az adatrögzítéshez használt számítógép. Az AV2-t és a táplálásához szükséges tápegységet autóval hordoztuk különböző távolságokra. A tábornak és autóban levő két csapat közötti kommunikáció mobil-telefonokkal történt. A kiválasztott távolságokon kb. 15 percig kommunikáltunk az AV-eket és gyűjtöttük az átfutási idők értékeit.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A mérési eredmények feldolgozására a legegyszerűbb módszer az, hogy a különböző távolságokon mért adattömbökre egyszerű átlagot számolunk, így minden mérési távolságnak megfelel majd egy átlagos átfutási idő. A 4. ábrán ezen átlagidőket az AV-k közti távolságok függvényében ábrázoltuk az első illetve a második alkalommal végzett mérés esetén.

A mérési pontokra mindkét esetben egyenest illesztünk, és ezen egyenes meredekségének inverzéből kiszámítható a keresett elektromágneses hullámok terjedési sebessége. Az illesztés során az (a) mérés esetén $c_1=2.63 \times 10^8$ m/s, a (b) mérés esetén meg $c_2=3.18 \times 10^8$ m/s sebességet kaptunk. Ezeknek átlagát véve $c=2.905 \times 10^8$ m/s érték adódik, ami 3%-nál kisebb relatív eltéréssel egyezik a légtérben való terjedési sebességre elfogadott értékkel [9].



4. ábra

Mérési eredmények (átlagos átfutási idő az adó-vevők közti távolság függvényében) az első (a) és a második (b) mérések esetén.

KÖVETKEZTETÉSEK

Jelen dolgozatunkban egy egyszerű, könnyen megérthető és tanulságos módszert mutattunk be az elektromágneses hullámok terjedési sebességének nagyságrendi mérésére. A mérések módszertana a diákok által könnyen elsajátítható és a használhatósága abban áll, hogy nem kíván precíz beállításokat. Az adó-vevők birtokában bármely líceumi-szintű diákcsoport könnyen megismételheti.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen munkát a PNCDII-EIBioArch 12121 programja keretében végeztük. Tunyagi Arthurt a POSDRU/89/1.5/60189 poszt-doktori program támogatta.

KÖNYVÉSZET

- [1] Z. Néda, A fényrezabott fizika, Presa Universitara, Cluj-Napoca, 2008
- [2] C.M. Will, Was Einstein right?, Basic Books, New York, 1986
- [3] A. Szász and Z. Néda, Hálózati ping-pong, Fizikai Szemle, 2007/4, 132-133
- [4] J. Cooke, M. Martin, H. McCartney, B. Wilf, Direct determination of the speed of light as a general physics laboratory experiment, American Journal of Physics, 1968/36 (9), 847
- [5] K. Aoki, T. Mitsui, A small tabletop experiment for a direct measurement of the speed of light, American Journal of Physics, 2008/76 (9), 812–815
- [6] M.B. James, R.B. Ormond, A.J. Stasch, Speed of light measurement for the myriad American Journal of Physics, 1999/67 (8), 681–714
- [7] D. K. Misra, Radio-frequency and microwave communication circuits: Analysis and Design, Wiley-Interscience; 2-nd edition, 2004
- [8] Universal ISM band FSD transceiver module: <http://www.hoperf.cn/upfile/rfm12bp.pdf>
- [9] The International System of Units (SI) -8-th edition 2006 (International Bureau of Weights and Measures) http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf

**Műszaki megfelelési vizsgálat és igazolás
a CORUS Rail által gyártott
59 R2-(RI 59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1- (SEI 60G), 50 E6- jelű
sínrendszerekkel kapcsolatban**

**Technical Agreements for Rail Types
59 R2- (Ri 59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1-(SEi 60G), 50 E6
Manufactured by CORUS Rail**

**Agremente tehnice pentru șine tip 59 R2- (Ri 59N), 49 E1-, 41 GPU-,
46 G1- (SEi 60G), 50 E6 produse de Corus Rail**

Dr. KAZINCZY László PhD. egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Út és Vasútépítési Tanszék

ABSTRACT

Present paper presents experiments and inspections performed in order to achieve the Technical Agreement for rail types 59 R2-(Ri 59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1-(SEi 60G), 50 E6 manufactured by CORUS Rail

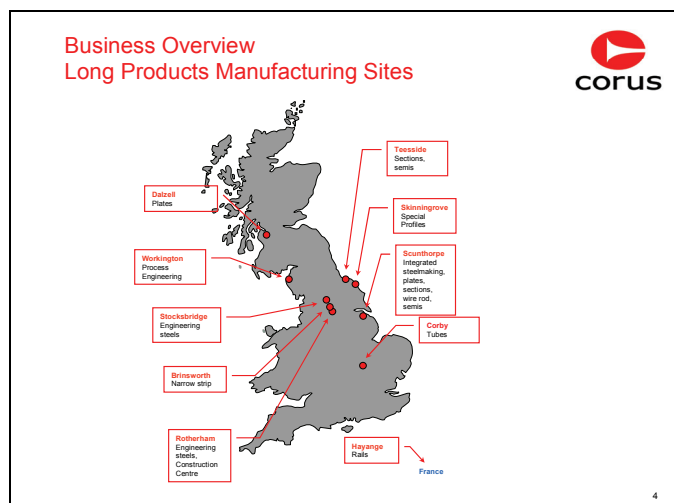
1. BEVEZETÉS

A közúti vasutak magyarországi hálózatain (Budapest, Debrecen, Miskolc, Szeged) a következő néhány évben igen jelentős mértékű pályarekonstrukcióra, illetve új pálya építésére kerül sor. A jelentős EU támogatással megvalósuló beruházások természetesen nagy mennyiségű sínanyagot igényelnek. A hazánkban ez idáig ismert singyártók és szállítók mellett (VOEST, Trinec) új beszállítóként jelentkezik a CORUS Rail cégcsoport. Neve ma már nem teljesen ismeretlen a magyar vasútépítésben sem, hiszen a budapesti földalatti gyorsvasúti hálózat 4. számú vonalára az általa gyártott FB 75 rendszerű áramvezető sínt építenek be. E sínrendszer a pozitív eredménnyel zárult műszaki megfelelési vizsgálat alapján néhány hónappal ezelőtt kapta meg az „ÉME” engedélyt.

A CORUS cégcsoport tehát az áramvezető sín sikeres egyetemi- és hatósági felülvizsgálatát követően 2009-ben a „járósínek” területén is több sínrendszerét bocsátja hasonló eljárásra. A megfelelési vizsgálat keretében elsősorban a közúti vasutak burkolt és burkolat nélküli vágányaiban felhasználható sínrendszerek – 59 R2- (Ri 59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1- (SEi 60G), 50 E6- jelű sínrendszerek – alkalmazásának megállapításával foglalkoztunk a cég felkérése alapján.

2. A CORUS CÉGCSOPORT BEMUTATÁSA

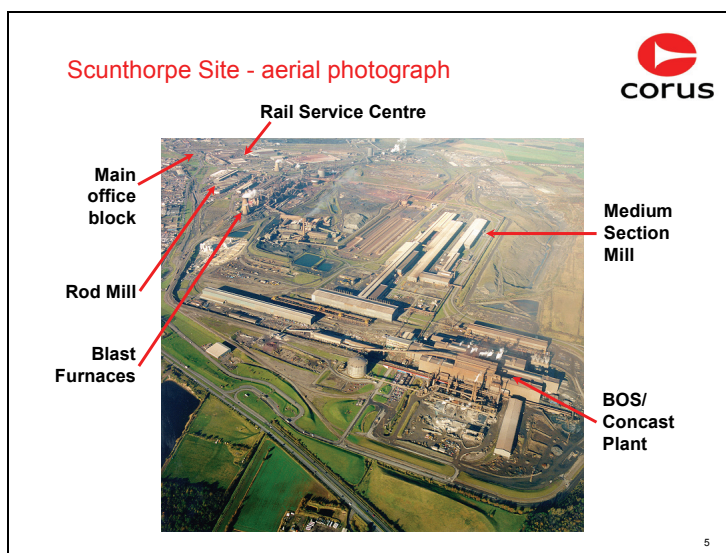
Az acélt valamint acélelemeket gyártó CORUS cégcsoport üzemei három európai országban (Egyesült Királyság, Franciaország, Németország) található. Az üzemek döntő többsége Angliában és Franciaországban működik. Ezek földrajzi elhelyezkedését szemlélteti az 1. ábra (a legszélesebb termékskálát az Egyesült Királyságban lévő gyárak produkálják). E gyárakban és üzemekben a következő, úgynevezett hosszútermékeket állítják elő: Dalzell – Lemezek, Workington – (Gyártástechnológia); Stockbridge – Szerkezeti acélok; Brinsworth – Keskeny szalagok; Rotherham – Szerkezeti acélok, (Acélszerkezeti központ); Teesside – Szelvények, félkész termékek; Skinningrove – Speciális profilok; Scunthorpe – Integrált acélgyártás, lemezek, szelvények, dróthuzalok, félkész termékek; Corby – Csövek; Hayange – Sínek.



1. ábra

Az úgynevezett hosszútermékek gyártási helyszínei az Egyesült Királyságban

A CORUS cég legnagyobb üze­me az Egyesült Királyságban Scunthorpe-ban található. Az úgynevezett integrált gyártási műveletek 2000 hektáron folynak, melynek eredménye évente mintegy 4,5 millió tonna acél. A gyár különböző üzemegységei a 2. ábrán láthatók (Main Office Block – Igazgatóság; Rod Mill – Rúd­acél Üzem; Blast Furnaces – Nagyolvasztó; Medium Section Mill; BOS/Concast Plant – Bázikus Oxigénfrissítéses Konverter/Folyamatos Üzemű Öntőde). A Scunthorpe-ban lévő gyáregységet a nagyfokú rugalmasság jellemzi mind a termék­választék, mind a gyártási volumen tekintetében (a félkész termékektől kezdve – a lemezek­en és a rudakon át – az acélszelvényekkel bezáróan folyik a gyártás, a termékmennyiség növelésére a negyedik olvasztókemence üzembe helyezése ad lehetőséget).

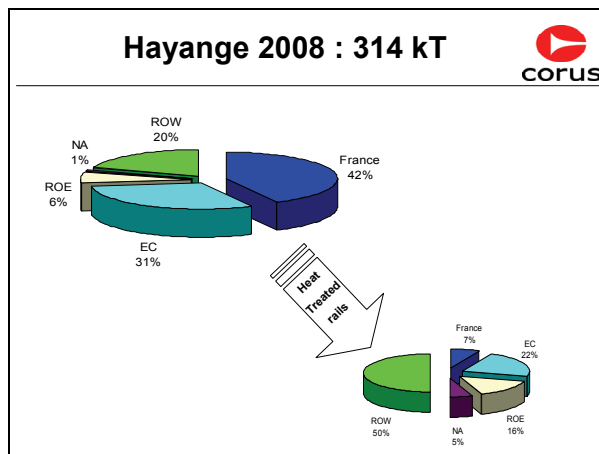


2. ábra

A CORUS Scunthorpe-ban fekvő gyárának legfontosabb üzemegységei

A műszaki megfeleléségi vizsgálatba bevont sínrendszerek hengerlése a franciaországi Hayange-ban történik, miután az acél alapanyagot (bugákat) az Egyesült Királyságban lévő Scunthorpe-ból odaszállítják.

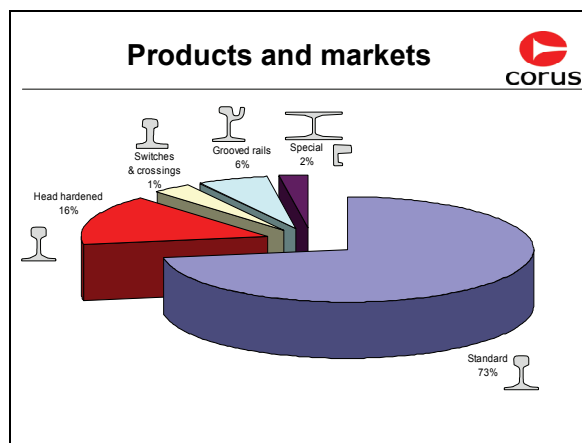
A Hayange-ban gyártott síntermékek (314000 t) 42%-át Franciaországban, 31%-át az Európai Unióban, 6%-át az unión kívüli európai országokban, 20%-át Európán kívül használják fel a vasutak. A 2008-ban előállított 314000 tonna sín­ből 55000 tonna hőkezelt termék volt. A hőkezelt sín 7%-át Franciaországba, 22%-át az Európai Unióba, 16%-át az unión kívüli európai országokba, 51 %-át Európán kívüli országokba szállították (3. ábra).



3. ábra

A 2008. évben Hayange-ban gyártott sintermékek felhasználóinak területi megoszlása

A sintermékek 73%-a normál minőségű Vignol sín, 16%-a hőkezelt sín, 6%-a vályús sín, 1%-a kitérőkben felhasználható különleges szelvény, 2%-a speciális profilok (4. ábra).



4. ábra

A Hayange-ban gyártott sintermékek típus szerinti megoszlása

A Hayange-ban hengerelt sínszelvényeket a nagyvasutak, a nagysebességű vasutak, a nagyterhelésű vasutak és a városi vasutak (földalatti gyorsvasutak, közúti vasutak) vágányaiba egyaránt alkalmazzák (5. ábra).

A wide range of rails

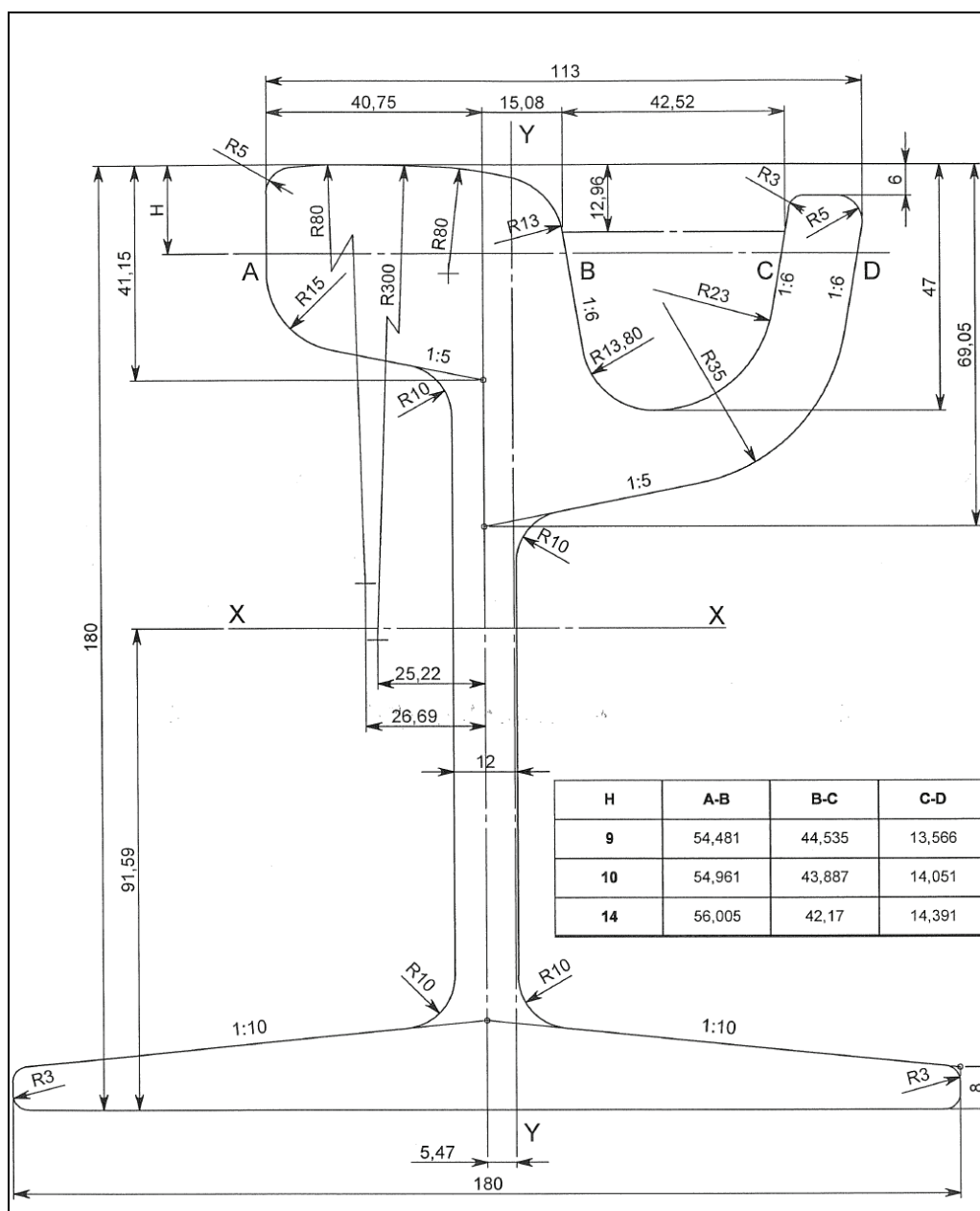
- 300 000 metric tons per year
- 80 profiles and 25 steel grades:
 - High speed trains (160 to 320 kph)
 - Heavy haul tracks (up to 35 t per axle)
 - Tramways and subways
 - Switches and crossings

5. ábra

A Hayange-ban gyártott sínek alkalmazási területei

3. A VIZSGÁLT SÍNRENDSZEREK MŰSZAKI JELLEMZŐI

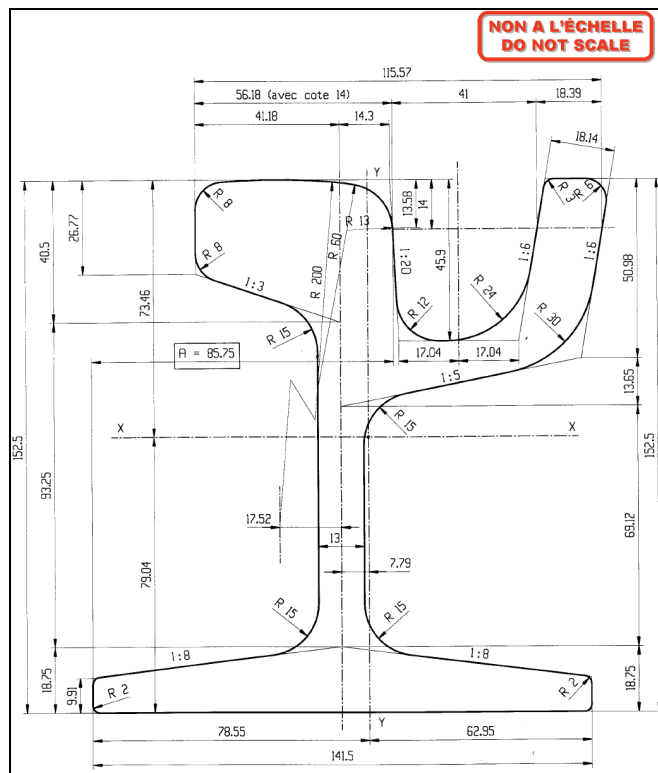
A közúti vasutak burkolt vágányaiban napjainkban a leelterjedtebben alkalmazott sínrendszer az 59 R2 (Ri 59N). E sínszelvény (6. ábra) 180 x 180 mm befoglaló méreteit még az 1900-as évek elején állapították meg, az akkor városi utak burkolásához használt nagykockakő méretéhez igazodva. Így a sínszelvény egy nagykockakő futósorában elhelyezhető volt, tekintettel arra, hogy a széles talpú síneket ekkor közvetlenül a zútottkő-ágyazatra helyezték. A sínszelvény talpra vonatkozó keresztmetszeti tényezője $K_{xt} = 350,6 \text{ cm}^3$, amely meghaladja az UIC 60-as sínrendszer ugyanezen jellemzőjének $K_{xt} = 335,5 \text{ cm}^3$ értékét, holott ez utóbbi a nagyterhelésű nagyvasúti pályák sínszelvénye.



6. ábra

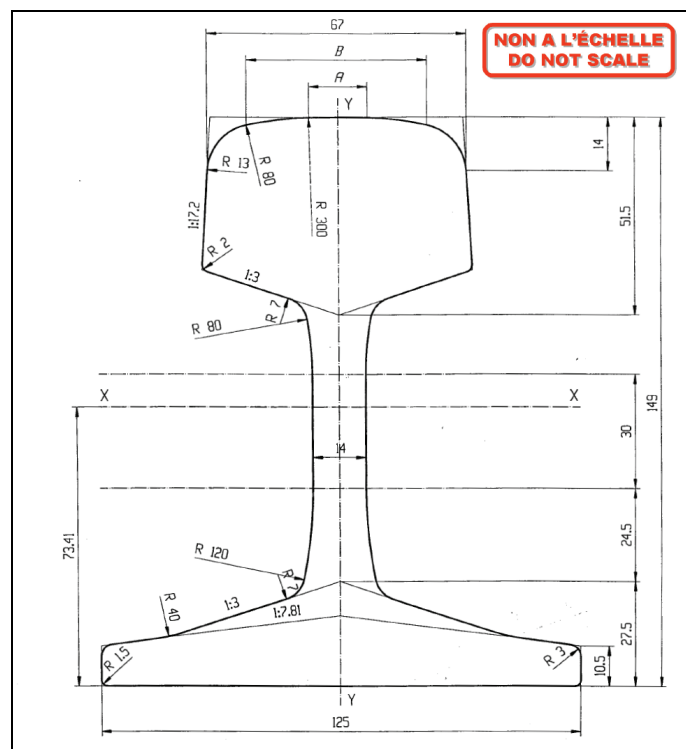
Az 59 R2 (Ri 59N) jelű sínrendszer keresztmetszete

Mіндеzen előzmények alapján teljesen indokolt volt a vályús sínek családjában egy alacsonyabb szelvényű profil bevezetése, amely egyben a kapcsolószerek (pl. bordás alátétlemez) méreteihez is jobban igazodik. Így született meg a CORUS Rail által kifejlesztett 41 GPU jelű profil (7. ábra).



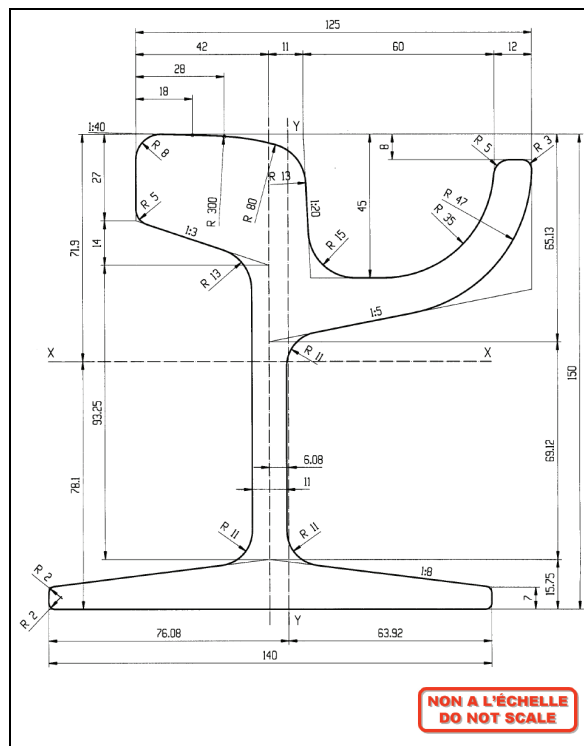
7. ábra
A 41 GPU jelű sínrendszer keresztmetszete

Az 59 R2 jelű sínrendszerhez a közúti vasutak nyitott vágányaiban szintén elterjedten alkalmazzák a 49 E1 (S 49) jelű sínrendszert (8. ábra), amely teherbírását illetően a MÁV 48,5 jelű sínszelvényének felel meg.



8. ábra
A 49 E1 (S 49) jelű sínrendszer keresztmetszete

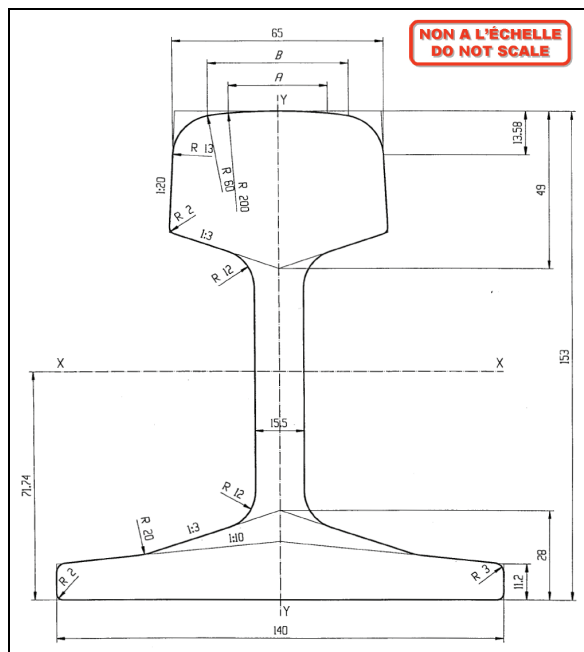
A 41 GPU jelű sínrendszerhez a közúti vasúti vágányok kissugarú íveiben – hasonló méretei folytán – jól kapcsolható a nagy vályúbőségű 46 G1 (SEi 60G) jelű profil (9. ábra).



9. ábra

A 46 G1 (SEi 60G) jelű sínrendszer keresztmetszete

A 41 GPU jelű sínrendszerhez a közúti vasutak burkolat nélküli szakaszain az 50 E6 jelű sínrendszer illeszkedik (10. ábra), minthogy a legfontosabb geometriai méretük jó egyezést mutat a tudatos tervezés nyomán (átmeneti szelvényt nem kell alkalmazni).



10. ábra

Az 50 E6 jelű sínrendszer keresztmetszete

Az előzőekben említett sínrendszerek legfontosabb geometriai és szilárdsági jellemzőit az 1 – 5. ábrák, valamint az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az 59 R2 (Ri 59N), a 49 E1 (S 49), a 41 GPU, a 46 G1 (SEi 60G) és az 50 E6 jelű sínszelvények geometriai és teherbírási adatai

Sorszám	Jellemző	Jelölés	Egység	59 R2	49 E1	41 GPU	SEI 60G	50 E6
1.	Típus	-	-	Vályús	Vignol	Vályús	Vályús	Vignol
2.	Magasság	h	mm	180	149	152,5	150	153
3.	Talpszélesség	s	mm	180	125	141,5	140	140
4.	Gerincvastagság	v	mm	12	14	13	11	15,5
5.	Fejzélesség	a	mm	55,83	67	55,48	53	65
6.	Vályúbőség	b	mm	42,52	-	41	60	-
7.	Orrvastagság	c	mm	14,65	-	18,39	12	-
8.	Felület	A	mm ²	7407	6292	6911	5814	6484
9.	Tömeg	m	kg/m	58,14	49,39	54,25	45,64	50,90
10.	Inercia	I_x	$\times 10^4$ mm ⁴	3210,9	1816,5	2047,4	1589	2017,8
11.	Inercia	I_y	$\times 10^4$ mm ⁴	875,8	319,1	733,0	606,4	396,8
12.	Keresztmetszeti modulus (fejre)	K_{xf}	$\times 10^3$ mm ³	363,2	240,3	278,71	221,0	248,31
13.	Keresztmetszeti modulus (talpra)	K_{xt}	$\times 10^3$ mm ³	350,6	-	259,0	203,46	281,27

Az ismertetett **41 GPU** jelű sínrendszert a CORUS Rail a közlekedési vállalatok tapasztalatai alapján tervezte meg. A középmagas sínszelvényvel kapcsolatos előnyök az alábbiakban foglalhatók össze:

- **ű vályús sínek;**
- **Valamennyi felépítmény típusnál** alkalmazható;
- Minthogy az Ri 59 jelű profilnál alacsonyabb, ezért **a pályaépítés költsége** – a kevesebb burkolati anyag révén – **kisebb;**
- Az **50 E6** jelű sínrendszerrel **átmeneti sín közbeiktatása nélkül** oldható meg a burkolt és a nyitott vágány közötti átmenet;
- A CORUS Rail **több acélminőségben is előállítja** (R200, R260, 900V acélminőségben).

A 41 GPU jelű sínrendszert a következő városokban alkalmazták

- Marseille (51,6 km);
- Lyon (10,5 km);
- Valenciennes (51,6 km);
- Le Mans (66 km).

A vizsgált sínrendszereket a CORUS Rail Hayange-i hengerműve közötti vasúti felhasználás esetén általában 18 m-es, kivételes esetben 24 m-es hosszban gyártja, nagyvasúti alkalmazás esetén a Vignol rendszerű szelvényeket 80 m-es hosszúsággal állítja elő.

Itt említendő meg, hogy a CORUS Rail az elmúlt időszakban megkezdte az új, **900V acélminőségű sínrendszerek gyártását**. Idevonatkozó gondolatok a következőkben foglalhatók össze:

- A közötti vasutaknál a körívek különösen igénybevett helyek a kis görbületi sugarak miatt. Az ívekben a kerék nyomkarimája kapcsolatba kerül a sínnel, és erős koptató hatást fejt ki.
- Erre eddig 2 megoldás létezett, egyik a felrakó hegesztéses, csiszolós újraprofilozás volt. Itt viszont a sín hegeszthetőségét meghatározta a sín acélminősége, illetve az a tény, hogy a burkolatba beépített síneket már nem lehetett felmelegíteni a hegesztéshez, csak előmelegítés nélküli hegesztés jöhetett szóba. Ez viszont kevésbé kopásálló acélminőséget engedélyezett.
- A másik megoldás a fejedett sín, amely kopásálló, de egyben hegeszthető is, viszont jóval drágább a normál acélminőségénél.

- Az új, 900V acélminőséggel lehetővé válik a **nagy kopásállóság és a jó hegeszthetőség**. Ezt a minőséget főként a **kis sugarú ívekbe** ajánlja a CORUS Rail, mely által **nő a sínek élettartama és csökken a pályafenntartási költség**.
- Bár nagy kopásállósága miatt nő a sínek élettartama, **a későbbiekben itt is alkalmazható felrakó hegesztéses újraprofilírozás a sínek előmelegítése nélkül**.

4. ALKALMAZÁSI FELTÉTELEK A FRANCIA CORUS RAIL ÁLTAL GYÁRTOTT, A MŰSZAKI MEGFELELŐSÉGI VIZSGÁLATBA BEVONT SÍNRENDSZEREKKEL KAPCSOLATBAN

A BME INNOTECH Műegyetemi Innovációs Park Kft., és a FAMILIA Kereskedelmi és Szolgáltató Bt. által megvizsgált, a CORUS Rail Hayange-i gyáregységében előállított **59 R2 (Ri 59N)-, 49 E1 (S 49)-, 41 GPU-, SEi 60G-, 50 E6 jelű sínrendszerek a következő feltételek mellett építhetők be a közúti vasutak felépítményeibe:**

1. A **sínrendszerek** csak azokba a vágányokba építhetők be, amelyek **műszaki paramétereik megfelelnek** az alábbi követelményeknek:

– engedélyezett sebesség:	$V \leq 70 \text{ km/h}$,
– engedélyezett statikus tengelyteher:	$Q \leq 150 \text{ kN}$,
– engedélyezett körívsugár:	$R \geq 20 \text{ m}$,
– nyomtávolság:	$t = 1435 \text{ mm}$.
2. A **sínrendszerek** az 1. pontban meghatározott feltételek teljesítése esetén a **közúti vasutak felszínén, és műtárgyakon** (aluljárókban, hidakon) **vezetett szakaszain** egyaránt alkalmazhatók.
3. A **sínrendszerek** az 1. pontban meghatározott feltételek teljesítése esetén a **közúti vasutak folyóvágányaiban-, járműtelepek csarnoki vágányaiban-, átszeléseiben-, kitérőiben-, átszelési kitérőiben** egyaránt alkalmazhatók.
4. A **sínrendszerek** hegesztésénél (pl. hézagnélküli vágányoknál) a **szokásos hegesztési eljárások** alkalmazhatók.
5. Az **59 R2 (Ri 59), a 41 GPU és a SEi 60G jelű vályús sínrendszerek** a közúti vasutak **burkolt vágányaiban** alkalmazhatók.
6. Az **59 R2 (Ri 59), a 41 GPU és a SEi 60G jelű vályús sínrendszerek** a közúti vasutak **pontszerű (szakaszos), vagy folyamatos alátámasztású vágányaiban** egyaránt alkalmazhatók.
7. Az **SEi 60G** jelű vályús sínrendszer a közúti vasutak **kissugarú íveiben** alkalmazható.
8. A **41 GPU** jelű és az **50 E6** jelű sínrendszerek **egymáshoz átmeneti sín nélkül csatlakoztathatók**.
9. A **49 E1 (S 49)** és az **50 E6** jelű sínrendszerek a közúti vasutak **burkolat nélküli szakaszain** alkalmazhatók, **zúzottkő ágyazatú keresztaljas vagy betonágyazatú (betonlemez) vágányokban**.
10. A **49 E1 (S 49)** és az **50 E6** jelű sínrendszerek a közúti vasutak **hevederes vagy hézagnélküli vágányaiban** egyaránt alkalmazhatók.
11. A **49 E1 (S 49)** jelű sínrendszer a közúti vasutakon kívül a **földalatti gyorsvasutak- az elővárosi vasutak, nagyvasutak legfeljebb 180 kN statikus tengelyterhelésű-, maximum 80 km/h sebességgel járt vágányaiban** alkalmazható.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Műszaki Megfelelőségi Vizsgálat és Igazolás a CORUS Rail által gyártott 59 R2- (RI59N), 49 E1-, 41 GPU-, 46 G1- (SEI 60G), 50 E6-jelű sínrendszerekkel kapcsolatban, BME Út és Vasútépítési Tanszék, FAMILIA Bt., 2009;
- [2.] „Grooved rail production and inspection” (Vályús sín gyártás és vizsgálat), DB 096/07 számú termékismertető, CORUS Rail France S.A., 2007. 12. 18.;
- [3.] „Universal rolling of rails – State of the art” (Univerzális sínhengerlés – Csúcstechnológia), DT 047/00 számú termékismertető, Sogerial S.A. – CORUS Group, 1987. 03.;
- [4.] „Steel Grade 900V”, CORUS Rail France, DT 038/8.

Műtárggyal befolyásolt talajvízáramlás hidrodinamikai modellezése

Hydrodynamic Modeling of Groundwater Flow Influenced by Works

Modelarea hidrodinamică a scurgerii apelor subterane în zona lucrărilor de artă

KESZEYNÉ SAY Emma

adjunktus

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Budapest

ABSTRACT

The underground establishments under construction make obstacle in the way of flowing groundwater. With this they change significantly the existing flowing conditions of the concerned areas. In the surrounding of the structures subsidence and back-swelling come into being. The main aim of my examination was – exploring the principles of the effects by means of hydrodynamic modeling, with the full knowledge of them – to create a scientific material, which is generally usable and helps the everyday practical designing.

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi időben a városok belterületének felértékelődésével, a beépítetlen területek csökkenésével, különös jelentőséget kapnak a modern városépítésben a földalatti nagyszelvényű létesítmények. Ahogy egyre magasabb építményeket terveznek, úgy a földalatti tereket is egyre mélyebben alakítják ki.

A környezetvédelmi szempontok előtérbe kerülésével, a felszín minél kisebb zavarása, a meglévő építmények biztonságának megőrzése érdekében, egyre több közlekedési létesítményt helyeznek a térszín alá (közúti, vasúti alagút, mélyvezetésű gyorsvasút, metró).

Az infrastrukturális fejlesztés keretében kiemelt fontosságú feladatokká válnak a közműfejlesztések. Európában a közeli jövőben több nagytérű földgáz tranzitvezeték épül.

Belátható, hogy számos olyan műszaki nagyberuházás valósul meg, mely a felszín alatti vizek szivárgáshidraulikai folyamataira befolyással bír, azokat esetleg nagymértékben megváltoztatja. A térszín alatt áramlás elől elzárt, illetve az áramlást akadályozó terek jönnek létre.

Ennek következtében, megfelelő műszaki védelem hiányában, egyrészt a megemelkedő talajvíz előntetheti a létesítmények környezetében lévő épületek pincéit vagy egyéb földalatti műtárgyakat. Másrészt a talaj állékonysága a víz hatására jelentősen romolhat, mely kihatással lehet az építmények stabilitására, használhatóságára.

A talajvízszint apadásának hatására a talaj önsúlyfeszültsége a víz felhajtóerejének megszűnése miatt jelentősen megnövekedhet, mely többletsüllyedéseket indukálhat és a felszínen károsodásokat eredményezhet.

E témakörben még számos feltáratlan kérdés, probléma vár megoldásra. A jelenlegi mérnöki gyakorlatban az áramló talajvíz útjába helyezett létesítmények, akadályok visszaduzzasztó, apasztó hatásának vizsgálatára nincs megbízható hidrodinamikai modell kidolgozva. A számítások általában közelítő módszerekkel, jelentős elméleti egyszerűsítésekkel történnek. Vizsgálatom célja e hiány pótlása.

2. MODELLSZÁMÍTÁS

A felszín alatt lejátszódó áramlási folyamatokat hidrodinamikai modellezéssel szimuláltam, a végelem módszert alkalmazó FEFLOW Finite Element Simulation System for Subsurface Flow (WASY FEFLOW 5.3. 3D) programrendszer segítségével.

A hidrodinamikai modellezési eredményeket egy valós ipari munkánál mérésekkel tudtam összevetni, és ez által a modellek érvényességét igazolni.

A modellezés folyamán az alábbi általános irányelvet követtem:

Előkészítés – földtani és vízföldtani adatgyűjtés – első számítási lépcső – a modell kalibrálása és paraméterérzékenységi vizsgálat – második számítási lépcső – az eredmények kiértékelése.

A program futtatásához felépített modellek általános jellemzői:

- Dimenzió: 3D
- Típus: telített
- Rétegek száma: 4
- Vízadó típusa: nyílt tükrű
- Időperiódus: kvázi permanens
- Időlépcső: 10 lépcső, lépcsőnként 10 nap
- Számítási mód: végeelem módszer
- Elem típus: 6 csomópontos háromoldalú prizma

Mivel a földalatti műtárgyak talajvízáramlásra gyakorolt hatásának mértéke döntően a geológiai (talaj) adottságoktól, a hidrogeológiai jellemzőktől és az akadály milyenségétől függ, ezért a modellezéseket e három ágon végeztem.

A modellezés folyamata, paraméter hatáselemzés

Kialakítottam egy modellezési elképzelést, hipotézist. A jelenséget meghatározó paraméterek változásának következményét elemeztem a rendszer kimenetelére vonatkozóan.

A legnagyobb hatást (visszaduzzasztás, apadás) kiváltó, illetve a jelentős különbséget eredményező paraméter összeállítás vonalán folytattam a vizsgálatot, hiszen ez jellemzi legerőteljesebben a változás milyenségét, tendenciáját. Így felépült egy modellezési munkafolyamat.

3. EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataim során egyértelművé vált a felszín alatti műtárgyak talajvízáramlásra gyakorolt hatása szempontjából a meghatározó paraméterek sora:

- talaj szivárgási tényezője,
- hidraulikus gradiens,
- áramló talajvíz vastagsága
- áramlás iránya,
- műtárgy (akadály) mérete.

E paramétereket felvett tartományok között változtattam, és vizsgáltam hatásukat. A kapott eredmények a tartományok szélső értékei között érvényesek.

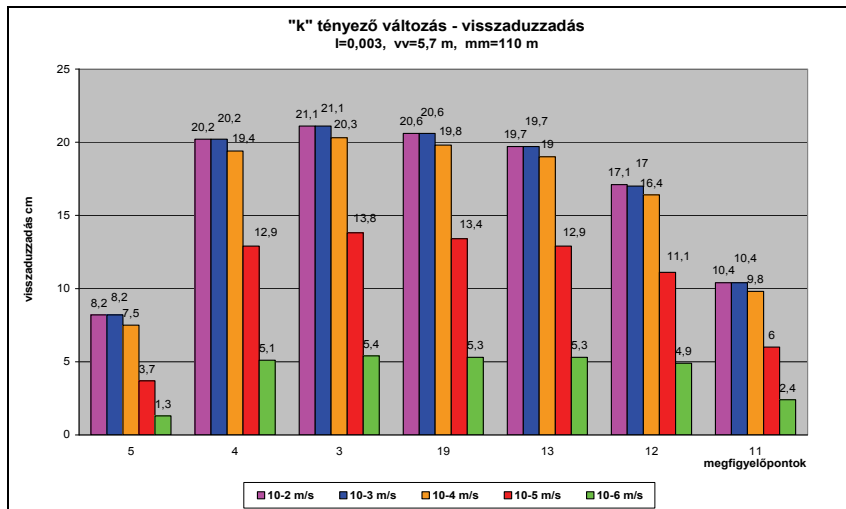
A levont következtetések, eredmények közül a cikkben az alábbiakat emelem ki.

3.1. A szivárgási tényező (k tényező) változásának hatása

A k tényező hatását a $10^{-2} - 10^{-6}$ m/s-os értékek közötti tartományban változtatva elemeztem. E tartomány felöleli a talajspektrum azon részét, amely a vizsgálat tárgya tekintetében a gyakorlati szivárgáshidraulikai feladatoknál előfordulhat.

A valós ipari munka eredeti geológiai, hidrogeológiai adottságait figyelembe véve, azokat állandó értéken tartva végeztem a szimulációkat. Ennek eredményeként, – melyet az 1. és 2. ábrákon adok meg – a következőket lehetett megállapítani:

Visszaduzzasztás

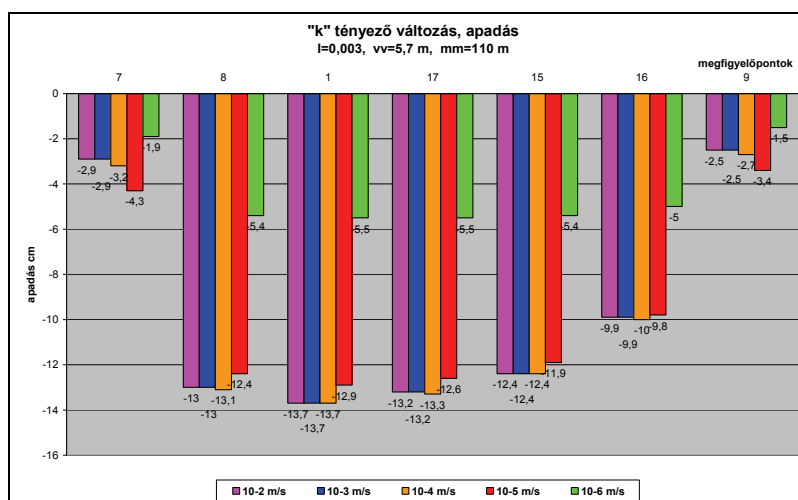


1. ábra

Szivárgási tényező változás - visszaduzzasztás

- A $k=10^{-2} - 10^{-3} - 10^{-4}$ m/s-os tartományban a szivárgási tényező egy nagyságrenddel történő csökkentése közel megegyező hatást vált ki. A visszaduzzasztás értékének változása a különböző k tényezők függvényében 5 cm-en belüli, mely a mérnöki gyakorlat szempontjából elhanyagolhatóan kicsi. A kialakult legnagyobb visszaduzzasztás a vizsgált paraméter összeállítás esetén 20-25 cm közötti.
- A $k=10^{-4}$ -ről 10^{-5} -re és 10^{-6} m/s-ra történő szivárgási tényező csökkenés már dm-es és egyre növekvő különbségű hatást eredményez a visszaduzzasztásban.
- A $k=10^{-6}$ m/s-os szivárgási tényező esetén a visszaduzzasztás értéke 10 cm-nél kisebb. Tekintettel a geotechnikai alapadat-rendszer alulhatározottságára, a szimulációknál e minimális hatást kiváltó k tényezővel már csak részben dolgoztam tovább.

Apadás



2. ábra

Szivárgási tényező változás - apadás

- A $k=10^{-2} - 10^{-3} - 10^{-4} - 10^{-5}$ m/s-os tartományban a szivárgási tényező egy nagyságrenddel történő csökkentése gyakorlatilag megegyező hatást vált ki. Az apadás értékek közötti különbség 5 cm-en belül változik.
- A 10^{-5} -ről 10^{-6} m/s-ra történő szivárgási tényező csökkenés 5-10 cm közötti apadás különbséget eredményez.

A fentiek alapján, a felszín alatti létesítmények hatása tekintetében, *visszaduzzasztásnál* a 10^{-2} - 10^{-4} m/s közötti, *apadásnál* a 10^{-2} - 10^{-5} m/s közötti szivárgási tényezőjű talajok homogénnek vehetők, egy réteggént összevonhatók. A modellezett hatások értékei 5 cm-en belül változnak, gyakorlatilag megegyezők. Ezen kismértékű különbség a műszaki tervezési feladatok szempontjából elhanyagolható.

Továbbá elmondható, hogy a *k* tényező egy nagyságrenden belüli pontosítása a megadott tartományon belül, nem vezet megbízhatóbb eredményhez a feladat követelte elvárásnál.

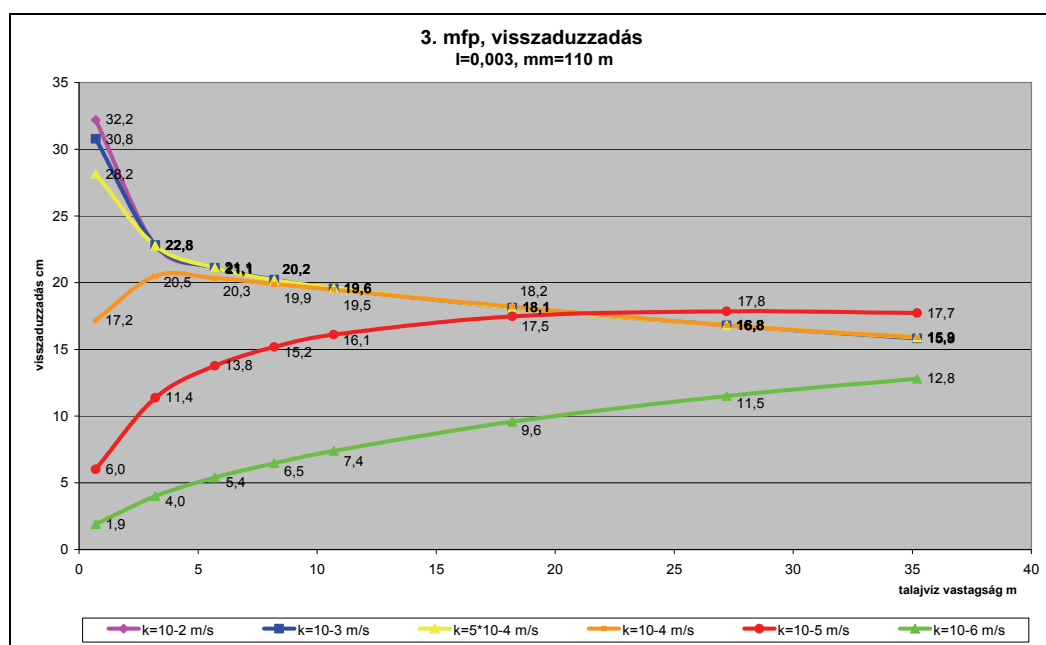
3.2. Az áramló talajvíz vastagság változásának hatása

Az áramló talajvíz vastagságát 0,7 – 35 m között változtattam a víztartó rétegben. A műszaki gyakorlatban e határok felelelik azt a tartományt, melyre a legtöbb vizsgálat irányul. Ennél kisebb, vagy nagyobb vízvastagságok csak elvi, matematikai jelentőséggel bírnak és a hatások nem térnek el jellegükben a vizsgált intervallum eredményétől.

E paraméter hatáselemzésnél modelleztem a $k=10^{-2}$ – 10^{-6} m/s közötti szivárgási tényezők esetében a visszaduzzasztásban és apadásban bekövetkező változásokat. A hidraulikus gradienst $I=0,003$, a műtárgyméretet $m=110$ m értékkel vettem figyelembe.

A szimulációk eredménye alapján, melyet a 3. és 4. ábrák hivatottak szemléltetni, jól lehatárolható tartományokat tudtam kijelölni mind a *hatások tendenciáját*, mind pedig annak *mértékét* tekintve.

Visszaduzzasztás



3. ábra

A talajvíz vastagságának változása – visszaduzzasztás

A visszaduzzasztás tendenciája:

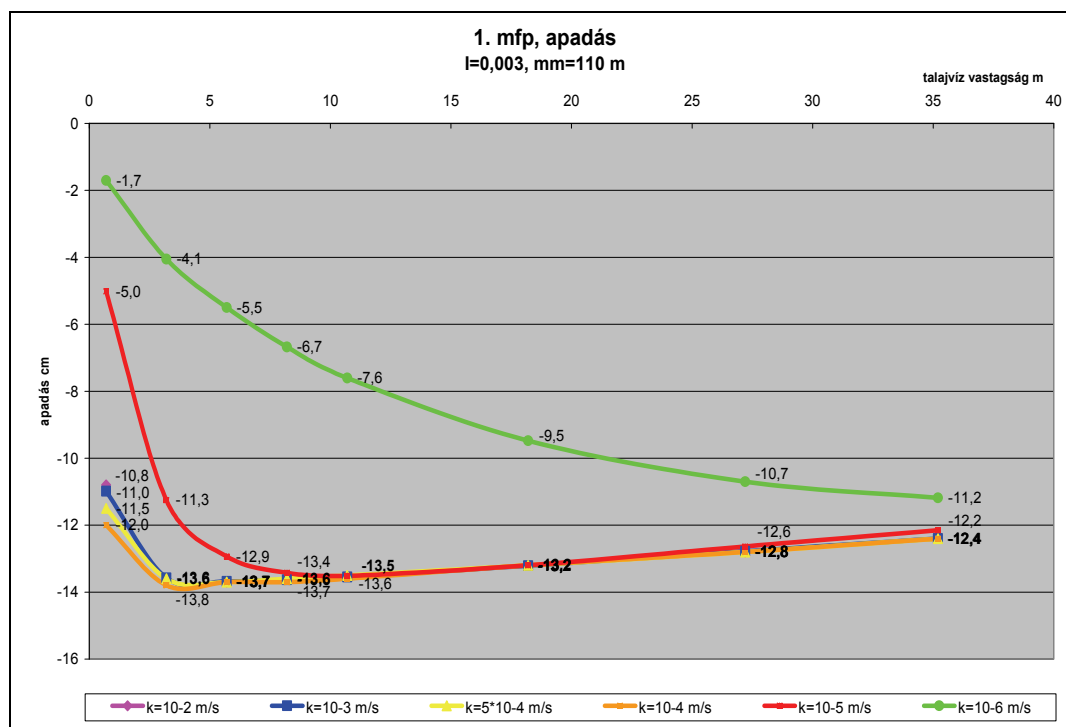
- $10^{-2} > k > 2 \cdot 10^{-4}$ m/s tartományban a visszaduzzasztás értéke a talajvíz vastagságának növekedésével fokozatosan csökken.
- $2 \cdot 10^{-4} > k > 7 \cdot 10^{-5}$ m/s tartományban egy adott vízvastagságig nő, majd fokozatosan csökken.
- $7 \cdot 10^{-5} > k > 10^{-5}$ m/s tartományban a víz vastagságának növekedésével fokozatosan nő.
- 10^{-6} m/s *k* tényező esetén minimális visszaduzzasztási értékek mellett a tendencia megegyezik az előző tartományéval.

A visszaduzzasztás mértéke:

A különböző szivárgási tényezők függvényében a legkisebb vízvastagság esetén a legnagyobb a különbség (több dm) a visszaduzzasztás értékekben.

A növekvő vízvastagsággal csökken a kiváltott hatások különbsége az egyes k tényezőknél. Egy bizonyos vízvastagság elérése után (jelen paraméter összeállítás esetén $vv \approx 20$ m) 5 cm-es eltérésen belül megegyeznek a visszaduzzasztás értékek, így gyakorlatilag az nem függ a talaj milyenségétől.

Apadás



5. ábra
A talajvíz vastagságának változása – apadás

Az apadás tendenciája:

- A $k=10^{-2} - 10^{-4}$ m/s közötti tartományban a $\sim 3-9$ m-es vízvastagságok között, gyakorlatilag megegyező apadási értékekkel, a legnagyobb az apadás. Ennél kisebb, illetve nagyobb vastagság esetén nagysága csökken.
- A $k=10^{-5}$ m/s-os szivárgási tényező esetén, a $\sim 0,7-5$ m között viszonylag meredeken nő az apadás, majd a vastagság növekedésével fokozatosan csökken.
- A $k=10^{-6}$ m/s-os k tényezőnél viszonylag egyenletes növekedés mutatkozik minimális apadási értékek mellett.

Az apadás mértéke:

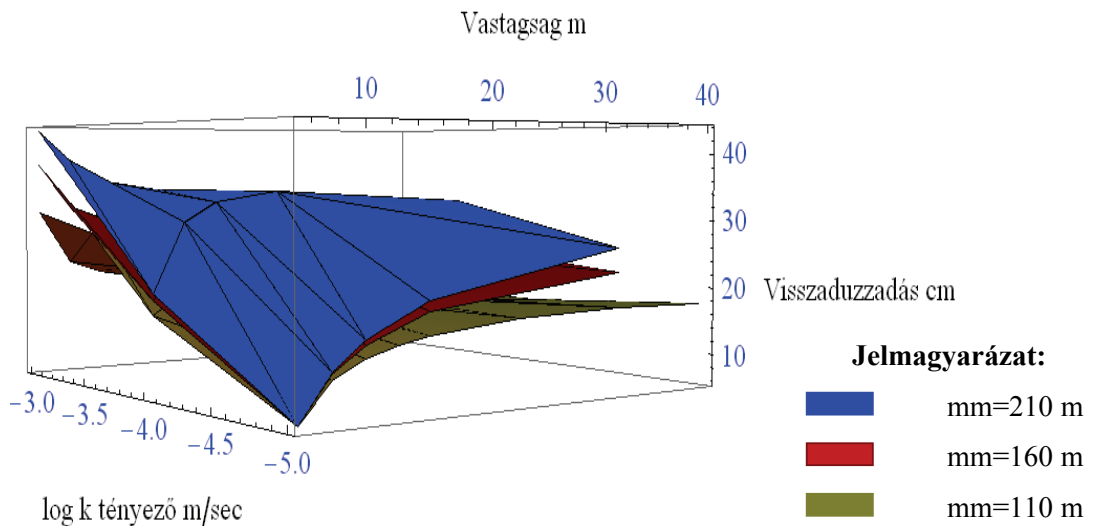
A legkisebb vízvastagság mellett adódnak a nagyobb (10 cm-en belüli) különbségek az apadás értékében a különböző szivárgási tényezőknél.

Jelen paraméter összeállítás esetén, az értékek a $vv \approx 5$ m-es vízvastagságtól gyakorlatilag cm-en belül megegyeznek, így az apadás e tartományban a szivárgási tényezőtől nem függ.

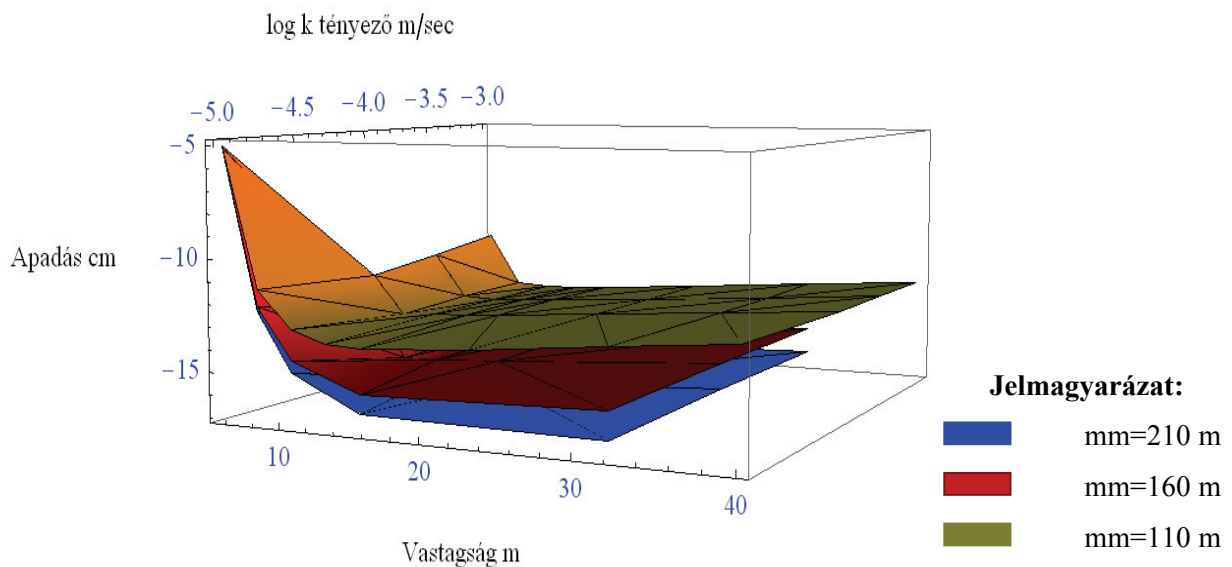
3.3. A k tényező – talajvízvastagság – műtárgyméret változás együttes hatása

Megvizsgáltam együttesen is a szivárgási tényező, a talajvízvastagság és a műtárgyméret változásának hatását a visszaduzzasztásra és az apadásra.

A paraméterek függvényében elkészítettem egy 3 dimenziós felületábrát. Jelentősége, hogy segítségével adott k tényező, vízvastagság, műtárgyméret esetén, a visszaduzzasztás értéke egyszerűen leolvasható. Ugyan- ezt az apadásra is előállítottam. Az eredményeket az 5. és 6. ábrák tartalmazzák.



5. ábra
Felületábra 3D – Visszaduzzasztás



6. ábra
Felületábra 3D – apadás

E felületábrák nagymértékben megkönnyítik a térszín alatti létesítmények talajvízáramlásra gyakorolt hatásának előrebecslését, betervezését.

Az ábrák $k=10^{-3} - 10^{-4} - 10^{-5}$ m/s szivárgási tényezők esetén,
 $vv=0,7 - 35$ m talajvíz vastagságok között,
 $mm=110 - 160 - 210$ m műtárgyméretnél alkalmazhatók.

De ettől eltérő (nagyobb illetve kisebb) értékekre is kidolgozható. Mint arra már az előzőekben kitértem, a gyakorlat szempontjából általában e paraméter tartományok között történő áramlás a jellemző.

A felületábrákat a *Wolfram Mathematica 7.0* programrendszer alkalmazásával készítettem. A program kétváltozós függvény segítségével a szimulációkból kapott adathalmaz pontjaira Lagrange-féle interpolációval felületet illesztett.

Kontroll (köztes) pontok felvételével igazoltam, hogy az ábra 1%-on belüli hibaértékkel dolgozik, mely a vizsgált folyamat szempontjából elhanyagolhatóan kis nagyságrendű. Az előállított felületeken egy új pont-

hoz – k tényező, vízvastagság, műtárgyméret – tartozó ismeretlen visszaduzzasztás, illetve apadás érték interpolációval meghatározható.

4. ÖSSZEGZÉS

Célom az volt, hogy föltárva a térszín alatti létesítmények talajvízáramlásra gyakorolt hatásának törvényszerűségeit, azok ismeretében, a műszaki területen egy általánosan használható, a mindennapi **gyakorlati tervezést segítő** tudományos anyagot hozzak létre.

Ennek segítségével összetett, nagy munkával járó hidrodinamikai modellezések elvégzése előtt lehetőség nyílik:

- a szivárgáshidraulikai folyamatok előrejelzésére,
- a felszín alatti akadályok várható hatásának feltárására,
- a visszaduzzasztások, apadások tendenciájának egyértelmű meghatározására,
- nagyságrendjük becslésére és
- a további munkafázisok szükségességének eldöntésére.

Vizsgálat tárgyát képezheti a továbbiakban a felszín alatti beavatkozások következtében kialakuló káros hatások csökkentésére, illetve a hatások kialakulásának megakadályozására irányuló műszaki beavatkozások, intézkedések szükségességének és módszerének feltárása, meghatározása.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Chiang W. H., Kinzelbach W. (2001): 3D Groundwater Modeling with PMWIN. A Simulation System for Modeling Groundwater Flow and Pollution. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 346 p.
- [2] Juhász J. (2002): Hidrogeológia. Budapest: Akadémiai Kiadó. 193-196, 234, 632-640 pp.
- [3] Keszeyné S. E. Telekes G. (2009): Geotechnikai szerkezetek és a talajvíz kölcsönhatása. Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, *Gép*, LX. Évfolyam, 8. szám. 14-18 pp.
- [4] Kovács B. (2004): Hidrodinamikai és transzportmodellezés I. (Processing MODFLOW környezetben). Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék: GÁMA-GEO Kft. 4-28, 83-102 pp.
- [5] M. Csizmadia B., Nándori E. (Szerk.) (2003): Mechanika mérnököknek, Modellalkotás. A mechanikai modellalkotás. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó. 17-64 pp.

Alsópályás acélhíd szerkezetek általános stabilitási kérdései

Stability of Trough Steel Bridges

Stabilitatea generală a tablierelor de poduri metalice cu calea jos

Dr. Moga Petru, Dr. Gutiu Ștefan, Dr. Köllő Gábor, Dr. Sanda Naș, Arsene Cornel

Kolozsvári Műszaki Egyetem

ABSTRACT

In this paper the methodology of verification of the resistance to lateral torsional buckling of the flanges of girders in compression, according to EN 1993-2: Design of steel structures. Part 2: Steel Bridges are presented.

A working example for a trough steel truss bridge stability checking and some concluding remarks are also presented.

Keywords: Lateral torsional buckling, girders, bridge superstructures.

ÖSSZEFOGLALÓ

Ebben a tanulmányban bemutatjuk az acélhíd szerkezetek stabilitási ellenőrzését az SR EN 1993-2. 2007 szabvány szerint, valamint egy gyakorlati alkalmazását mutatjuk be.

1. BEVEZETŐ

Az acélhíd szerkezetek balesetei, részleges vagy teljes tönkremenetelük sok esetben a szerkezet stabilitási kérdéseivel függenek össze (teljes stabilitásvesztés, a nyomott öv kihajlása, stb.). A stabilitásvesztés, mint jelenség megfigyelhető az alsópályás tömör acéltartók esetében (ha a gerinclemezeknek nagy a magassága), de leggyakrabban a rácsos főtartójú alsópályás hidak esetében, ha ezeknél hiányoznak a felső öveket összekötő szélrácsok (az 1-es ábra katasztrófához vezető tönkremenetel).



a)



b)



c)



d)

1. ábra

Katasztrofális stabilitásvesztések

A stabilitásvesztés jelensége egy komplex folyamat, ami elég nehezen modellezhető, mind elméleti számításoknál, mind szerkezeti modell szintjén.

A következőkben a stabilitási ellenőrzés módszerét mutatjuk be az SR EN 1993-2: 2007 (EUROCODE 3, part 2.) szabványok és egy gyakorlati példa segítségével.

2. STABILITÁSI ELLENŐRZÉS AZ SR EN 1993-2: 2007 SZABVÁNY SZERINT

A kritikus erő meghatározása

Abban az esetben ha a felső övet igénybevevő állandó N_{Ed} erő a híd teljes nyílásában hat, akkor a kritikus erőt a következőképpen határozzuk meg, feltételezve egy rugalmas megtámasztású nyomott tartót.

$$N_{crit} = m \cdot N_E \quad (1)$$

ahol:

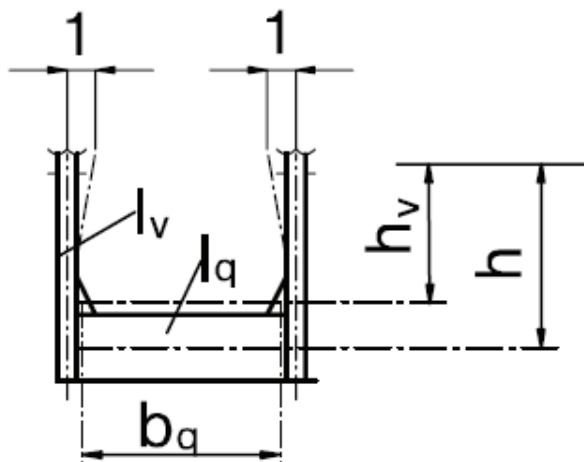
$$N_E = \frac{\pi^2 EI_z}{L^2}; \quad m = \frac{2}{\pi^2} \cdot \sqrt{\gamma} \geq 1; \quad \gamma = \frac{c \cdot L^4}{EI_z}; \quad c = \frac{C_d}{\ell}.$$

L a tartó nyílása, ℓ a megtámasztások távolsága, C_d a megtámasztások rugóállandója.

A nyomott öv szélső megtámasztását merevnek tekinthetjük, ha

$$C_d > \frac{4N_E}{L} \quad (2)$$

Az SR EN 1993-2:2007 szabvány D.3 táblázata szerint C_d -t a 3-as összefüggés és 2-es ábra szerint számíthatjuk.



2. ábra

$$C_d = \frac{E \cdot I_v}{\frac{h_v^3}{3} + \frac{h^2 b_q \cdot I_v}{2 I_q}} \quad (3)$$

A nyomott öv félhullámainak száma, n , a 4-es összefüggés szerint számítható:

$$(n-1)n \leq \frac{1}{\pi^2} \sqrt{\frac{c \cdot L^4}{EI_z}} \leq n(n+1) \quad (4)$$

ahol:

$$n \cong \frac{1}{\pi} \sqrt[4]{\frac{c \cdot L^4}{EI_z}} \geq 1, \quad n \in Z \quad (5)$$

A tömör keresztmetszetű tartók esetében a nyomott öv oldalirányú kihajlása elhanyagolható, ha a következő feltételek közül az egyik teljesül.

$$\bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4 \quad \text{vagy} \quad \frac{M_{Ed}}{M_{crit}} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}^{-2},$$

ahol:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{(A_{eff} + A_{wc}/3) \cdot f_y}{N_{crit}}},$$

A_{eff} – a nyomott öv keresztmetszete (területe)

A_{wc} – a nyomott gerinclemez keresztmetszete (területe)

A 4. osztályú keresztmetszeteknél a tényleges keresztmetszet területét kell figyelembe venni.

A nyomott rudaknál a geometriai irányhibákat és a másodrendű elméletet figyelembe vehetjük az F_{Ed} számításánál.

$$F_{Ed} = \begin{cases} \frac{N_{Ed}}{100} & - \text{ha } \ell_k \leq 1,2 \cdot \ell \\ \frac{\ell}{\ell_k} \cdot \frac{N_{Ed}}{80} \cdot \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} & - \text{ha } \ell_k \geq 1,2 \cdot \ell \end{cases} \quad (6)$$

ahol : N_{Ed} - az övlemez legnagyobb nyomoereje

$$\ell_k = \pi \cdot \sqrt{\frac{EI}{N_{crit}}}, \quad l \text{ a rugalmas támaszok közötti távolság}$$

A nyomott övlemez kihajlása-kifordulása csavarásra

A megengedett nyomóerő, amely a rácsstartó felső övében keletkezik:

$$N_{b,Rd} = \chi_{FT} \cdot A \cdot f_y \cdot \frac{1}{\gamma_{M1}} \quad (7)$$

ahol:

$$A = \begin{cases} A_g \\ A_{eff} \end{cases}$$

A_g – 1, 2, 3 osztály keresztmetszet területe

A_{eff} – 4. osztály keresztmetszet területe

Az állandó keresztmetszetű tartó, amely állandó nyomóerőre van igénybevéve, ahol a $\bar{\lambda}_{FT}$ a csökkentő tényező, amelyet a karcsúsági együttható függvényében határozunk meg:

$$\chi_{FT} = \frac{1}{\phi_{FT} + \sqrt{\phi_{FT}^2 - \bar{\lambda}_{FT}^2}}; \quad \chi_{FT} \leq 1 \quad (8)$$

ahol:

$$\phi_{FT} = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_{FT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{FT}^2 \right]; \quad \alpha - \text{irányhiba szorzó}$$

b_a / b – Karcsúsági együttható

3. SZÁMPÉLDA

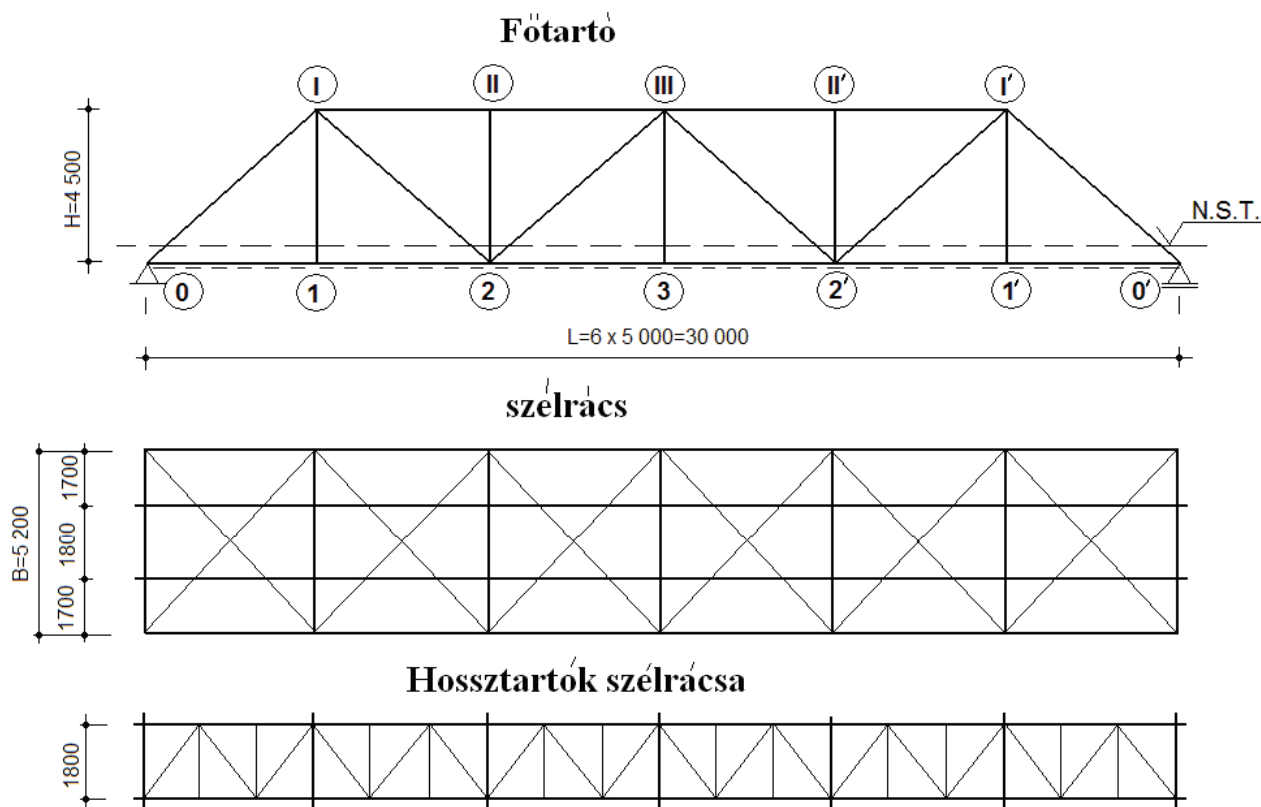
Ellenőrizzük a rácsszerkezetű alsópályás hídszerkezet nyomott övét.

a legnagyobb nyomóerő:

$$S_{I-II} = S_{II-III} = -2\,621 \text{ kN};$$

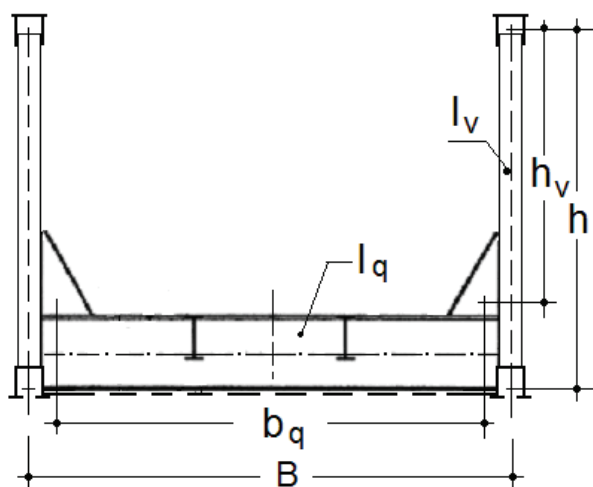
a tartók anyaga S355ML/NL – EN 10025 – 4:2004 acél

A rácstartók geometriája a 3-as ábrán található



3 ábra

A keresztmetszeti elemek a 4-es ábrán láthatók



$$h = 450 \text{ cm}$$

$$I_v = I_{y.mont.} = 9035 \text{ cm}^4$$

$$h_v \approx 320 \text{ cm}$$

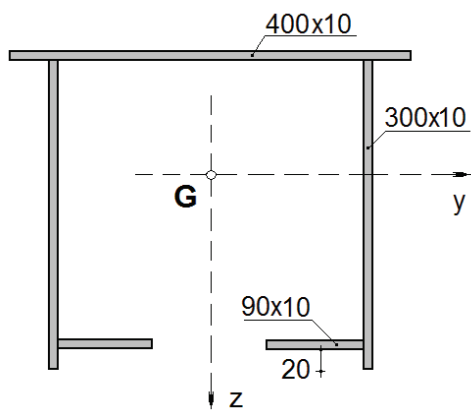
$$I_q = I_{ant.} = 3.65 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$$

$$b_q \approx 470 \text{ cm}$$

4. ábra.

A nyomott öv ellenőrzése

A nyomott öv keresztmetszete az 5. ábrán látható.



$$\begin{aligned}
 A &= 118 \text{ cm} \\
 I_y &= 1.561 \cdot 10^4 \text{ cm}^4 \\
 I_z &= 2.186 \cdot 10^4 \text{ cm}^4 \\
 i_y &= 11.5 \text{ cm} \\
 i_z &= 13.6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

5. ábra

Keresztmetszeti osztály

Felső övlemez

– központi lemez:

$$\frac{c}{t} = \frac{300}{10} = 30 < 38 \cdot \varepsilon = 30.8 \Rightarrow 2. \text{ osztály}$$

– konzol

$$\frac{c}{t} = \frac{40}{10} = 4 < 9 \cdot \varepsilon = 7.3 \Rightarrow 1. \text{ osztály}$$

– A függőleges gerinclemezek: 2. osztály

Mivel 2-es osztályú keresztmetszetről van szó, a tényleges területtel számolunk.

A y-y tengelyű kihajlás

Kihajlási hossz:

$$L_{cr,y} = 0.8 \cdot \ell_{I-J} = 0.8 \cdot 500 = 400 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{400}{11.5} = 34.8$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{34.8}{76} = 0.46 \Rightarrow \chi = 0.9 \text{ (b görbe)}$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0.9 \frac{118 \cdot 3550}{1.1} \cdot 10^{-2} = 3427 \text{ kN} > N_{Ed} = 2621 \text{ kN}$$

A felső öv általános stabilitása

A keret merevsége:

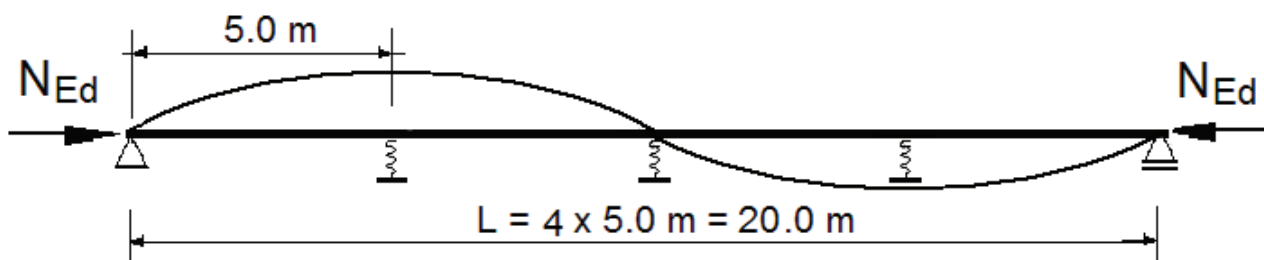
$$C_d = \frac{E \cdot I_y}{\frac{h_v^3}{3} + \frac{h^2 \cdot b_q \cdot I_v}{2 I_q}} = \frac{2.1 \cdot 10^6 \cdot 9035}{\frac{320^3}{3} + \frac{450^2 \cdot 470 \cdot 9035}{2 \cdot 3.65 \cdot 10^5}} = 1568 \text{ daN/cm}$$

$$c = \frac{C_d}{\ell} = \frac{1568}{500} = 3.1 \text{ daN/cm}^2; \quad \gamma = \frac{cL^4}{EI_z} = \frac{3.1 \cdot 2000^4}{2.1 \cdot 10^6 \cdot 2.186 \cdot 10^4} = 1080$$

Félhullámok száma:

$$n \cong \frac{1}{\pi} \sqrt[4]{\frac{c \cdot L^4}{EI_z}} = \frac{1}{\pi} \sqrt[4]{\gamma} = \frac{1}{\pi} \sqrt[4]{1080} = 1.82 > 1$$

A felső övlemez alakváltozása a 6. ábrán látható.



6. ábra
deformálódott övlemez

A kritikus stabilitási nyomóerő:

$$\left. \begin{aligned} m &= \frac{2}{\pi^2} \cdot \sqrt{\gamma} = 2 \cdot n^2 = 8 \\ N_E &= \frac{\pi^2 EI_z}{L^2} = 1132 \text{ kN} \end{aligned} \right\} \Rightarrow N_{crit} = m \cdot N_E = 9056 \text{ kN}$$

Ellenőrzés vízszintes síkban kihajlásra:

$$\bar{\lambda}_{FT} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{crit}}} = \sqrt{\frac{118 \cdot 3350}{9 \cdot 10^5}} = 0,68 \Rightarrow \chi_{FT} = 0,8$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{FT} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = (0,8 \cdot 118 \cdot 3350 / 1,1) \cdot 10^{-2} = 3047 \text{ kN} > N_{Ed} = 2621 \text{ kN}$$

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A hídszerkezetek biztonságos üzemeltetése érdekében a stabilitási vizsgálatok fontossága megkérdőjelezhetetlen. Stabilitásvesztés miatt sok hídszerkezet ment tönkre. A stabilitásvesztés az alsópályás rácsszerkezetű hidak esetében a legveszélyesebb, ha hiányoznak a felső övlemezeket összekötő szélrácsok. Az az energiamódszer, amelyet az EC 3/2 használ fel, nem veszi figyelembe a felső öv keresztmetszetének változásait, valamint a nyomóerőváltozást az öv hosszában.

IRODALOM

- [1.] SR EN 1993-1-1/2006. Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
- [2.] SR EN 1993-2/2007. Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 2: Poduri de oțel
- [3.] MOGA,P., PĂCURAR,V., GUȚIU,ȘT., MOGA,C.: Calculul elementelor metalice. Norme române - Eurocode 3. U.T.PRESS. 2006
- [4.] MOGA,P.,PĂCURAR,V.,GUȚIU,ȘT.,MOGA,C.: Construcții și poduri metalice. Aplicare euronorme. U.T.PRESS. 2007
- [5.] MOGA,P.,GUȚIU,ȘT.,MOGA,C.: Structuri metalice. Aplicare euronorme. U.T.PRESS. 2009

Nemlineáris öt elem rendszer a karbantartásban

Nonlinear System of Five Elements in Maintenance

Sistem de 5 elemente non liniare in mentenanță

Ing. TOMÁŠ STEJSKAL, PhD. egyetemi tanár

Kassai Műszaki Egyetem, TU Kosice, SJF, KVTaR, Nemcovej 32, Kosice, Slovakia
Tel.: +421 55 6023238, tomas.stejskal@tuke.sk, Honlap: www.sjf.tuke.sk/kvtar/2/

ABSTRACT

Contribution deal new method of nonlinear relation interpretation. It's elaborate a mathematically model of nonlinear relation transformation to relation of five elements. This methodology was following implemented to maintenance area. It's possible to assumption that for given methodology will be finding out extensive application for different technically, but scientific and societal branches too.

ÖSSZEFOGLALÓ

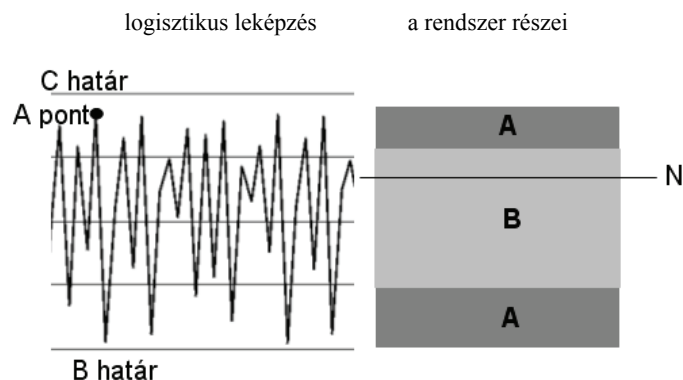
A cikk egy új módszert ismertet, a nemlineáris viszonylatok vonatkozásában. Matematikailag a nemlineáris rendszer öt elembe való transzformációjáról van szó. Ezt a módszertani eljárást a karbantartási rendszerbe iktattuk. Feltételezhető, hogy az adott eljárás a jövőben széleskörű érvényesülést szerezhet technikai, de társadalom-tudományos területeken is.

1. BEVEZETÉS

A nemlineáris viselkedés mindennapi megnyilvánulásait fizikai, technikai, de a társadalmi vonatkozásokban is meg lehet tapasztalni. A matematikai analízisnek nincsenek olyan eszközei, amelyek pontosan kiszámolják a nemlineáris rendszer jövőbeli viselkedését. Ennek ellenére manapság a nemlinearitással intenzíven foglalkozik a káoszelmélet és a fraktál rendszerek. Analízissel szemben, számítógépes kísérletről van szó. Az így nyert eredmények a reálrendszerek interpretálásánál hasznosulnak. A cikkben hasznosított rendszerek egy specifikus, azaz öt autonóm elem modellezésére vannak beállítva.

2. NEMLINEÁRIS VISELKEDÉS

A nemlineáris rendszer viselkedését két szélsőséges hatás közt lehet tapasztalni, amely az idő viszonylatában káosz funkciót, illetve a tér viszonylatában fraktál alakulatot eredményez. Tetszőleges káoszrendszer-nél azt lehet tapasztalni, hogy az időfejlődésben a rendszer értékei csak korlátozott tartományba esnek. Az adott tartományt mindig el lehet osztani több részre, amelyeknek, két ellentétes vonatkozásuk van. Az egyik részben a bizonyos függvény tulajdonsága növekszik, a másik részben csökken. Konkrétan a logisztikus leképzésnél a következő elosztás tapasztalható (1. ábra).



1. ábra

A logisztikus leképezés és időfejlődési részei

A kaotikus funkciót például a rókák – nyulak közti nemlineáris viselkedésből lehet észrevenni. [1]. Ezt a viselkedést rekurens képlet jellemzi, amely logisztikus leképezésként szerepel az irodalomban (1).

$$x_{n+1} = r(x_n - x_n^2) \quad (1)$$

x_n – nyulak száma az n-edik lépésnél,
 r – irányító paraméter. A populáció növekedését (szaporodását) jelképezi,
 n – lépésszám

N vonal a neutrális tengelyt jelképezi, amely körül a leképezés oszcillál. Az A részben az oszcillációk gyorsan csillapodnak és a B részben lassan növekednek. A nemlineáris funkcióban tehát két irányzat váltakozik. Lassú növekedés és gyors csillapodás. Sematikusan ezt a 2. ábrán láthatjuk.



2. ábra

Időfejlődési tartományok váltakozása a logisztikus leképezésnél

A természetben inkább fordított viselkedési jelenséggel lehet találkozni. Tehát gyors növekvés és lassú csillapodás (3. ábra). Ami arra utal, hogy a logisztikus leképezés nem a legjobb modell.

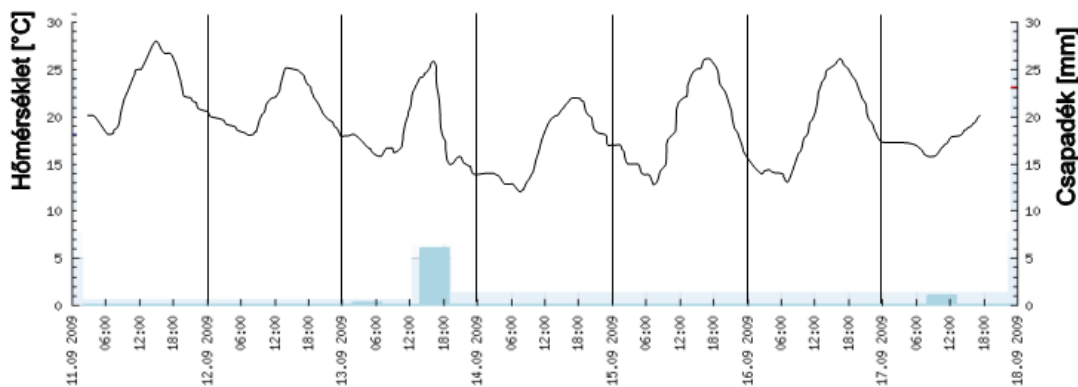


3. ábra

Időfejlődési tartományok váltakozása a természeti jelenségeknél

A természetben a nemlineáris jelenségekkel folyamatosan lehet találkozni. Az alapjuk, az energia és az információ ciklikus keringése. A 4. ábrán például egy hétnapos reális hőmérséklet és csapadék változás van feljegyezve. Tipikus a gyors délelőtti fölmelegedés és a lassú délutáni lehülés. Matematikailag lehetséges ehhez hasonló viselkedést modellezni. Általános esetben a nemlineáris leképezés nem írható fel analitikus alakban, hanem közelítéseket kényszerülünk használni. A leképezés eredménye függ a számítás pontosságától, de nem konvergál. Erre már a múlt század hatvanas éveiben rájött Edward Lorenz, amerikai meteorológus, amikor számítógéppel próbálta az időjárást modellezni. A rendszer további fejlődése egy adott lépésben, teljes

mértékben az utolsó tizedeshely elhanyagolásától függött. Az adott jelenség az úgynevezett „pillangó-hatás” elnevezés alatt ismeretes [1].



4. ábra
Hét napi hőmérséklet és csapadék feljegyzés

3. NEMLINEÁRIS RENDSZER MODELLEZÉSE

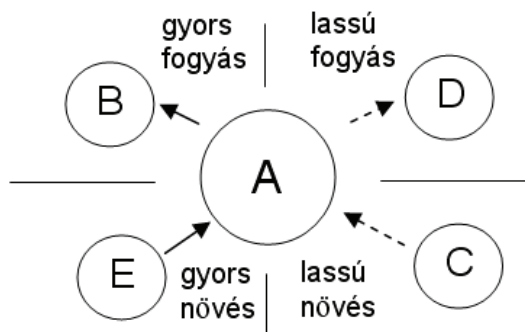
Minden tárgynak, rendszernek, amelyet objektumnak tekinthetünk, megvannak a váltakozó sajátos tulajdonságai. Matematikai szempontból például az objektum nagyságrendjének tulajdonsága lehet a változó. Az objektumok tulajdonságai csak kölcsönös együttthatásnál változhatnak. Tehát föltételezzük, hogy az objektum magától nem változik.

Az első szabály, a (nemlineáris modellben), abban rejlik, hogy ha az egyik objektum nagysága növekszik, akkor ez csak egy másik objektum fogyasztásával történhet meg. A második szabály az, hogy relatív viszonylatban minél nagyobb az objektum, annál kevésbé tud növekedni, ellenben minél kisebb annál gyorsabban növekedhet. Hasonlóképpn, minél nagyobb az objektum, annál gyorsabban tud fogyni, ellenben minél kisebb annál kevésbé tud fogyni.

A nemlineáris viselkedés leírását a kaotikus, logisztikus leképezésnél is lehet alkalmazni:

Tekintsük az azonnali funkció értékét A pontnak, amely két határ közt változik. A határok lehetnek objektumok (hatások, gyújtópontok) amelyeket B és C betűvel jelölünk. B határ vonzza magához az A pontot. Ha az A pont túl közel van a B határhoz, akkor a C határ vonzása érvényesül. A C határ közelében fordítva, a B határ vonzása fog érvényesülni. Így jönnek létre a határok közti oszcillációk. Két határ közt egy instabil helyzet van, tehát mindig csak az egyik határ hatása érvényesül. A funkció ennél fogva nem konvergál (1. ábra).

Az említett feltételek mellett, bármelyik objektum csak négy alapviszonyt tarthat fenn a környezetével. A környezet szintűgy objektumnak tekinthető. Így bármelyik tulajdonság változásához egy önálló objektumot sorolhatunk. A objektumok nagyságrendjének változtatásánál csak az osztás és kivonás viszonylatai létezhetnek. Összegezve tehát, öt objektum létezik, és négy viszony kötődik egy objektumhoz (5. ábra), (1. táblázat).



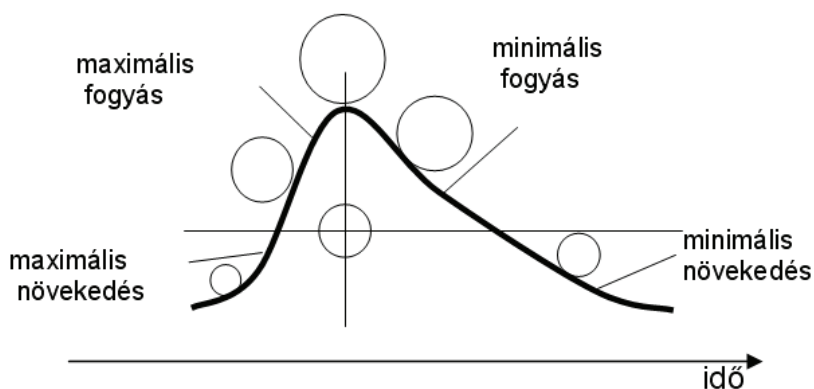
5. ábra
Az objektum és a környezet alapviszonylatai

1. táblázat. Az objektum kölcsönható viszonyai

	gyors	lassú
fogyás	B	D
növekedés	E	C

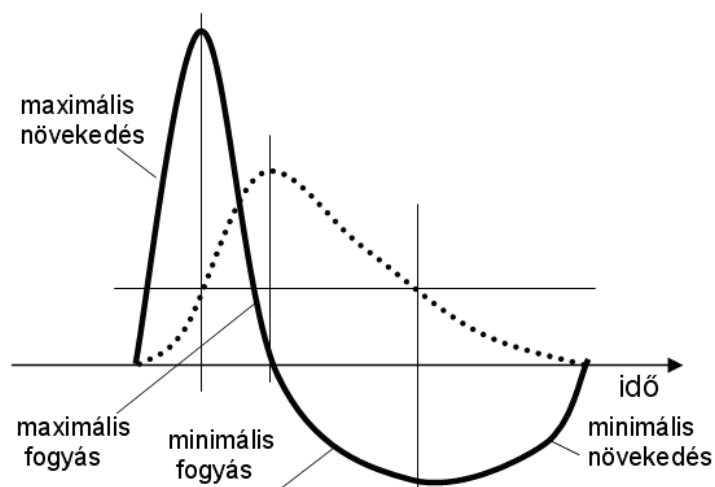
Konkréten az A objektumban a következő viszonyok érvényesülnek:

- A – objektum, amely a környezet hatására változik,
- B – objektum, amely az A objektum gyors fogyását biztosítja,
- C – objektum, amely az A objektum lassú növekedését biztosítja,
- D – objektum, amely az A objektum lassú fogyását biztosítja,
- E – objektum, amely az A objektum gyors növekedését biztosítja.



6. ábra
A nemlineáris viselkedés görbéje

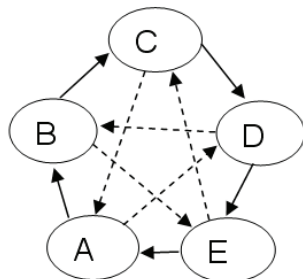
Az A objektum időbeli változása tipikus nemlineáris változás (6. ábra). Az ábrán látható görbe, a nemlineáris viselkedés görbéjének nevezhető el. Egyes viszonylatosságokat a görbe matematikai deriválása tisztáz (7. ábra).



7. ábra
A nemlineáris viselkedés görbéjének időszerinti deriválása

Ha feltételezzük, hogy minden objektumnak hasonló viszonyai vannak a környező objektumokkal, akkor erre éppen öt objektum elegendő. Így jön létre a viszonyok ötszöge (8. ábra). A tétel megoldását nem lehet kivitelezni kevesebb objektummal.

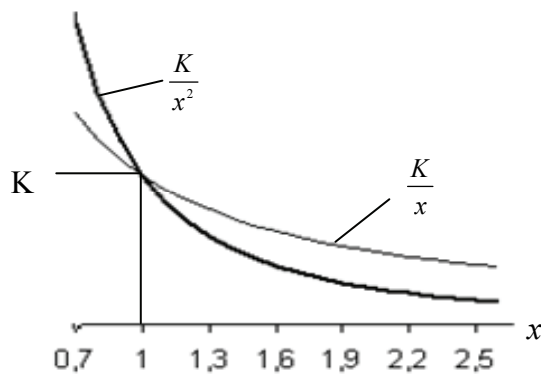
Ez egy fontos eredmény, mert bármelyik nemlineáris rendszerből elő lehet állítani az ötszöget. Nemlineáris rendszerek nemcsak fizikai viszonylatban, hanem természeti, szociális, közgazdasági és egyéb viszonylatokban is ismeretesek.



8. ábra
A viszonyok ötszöge

Matematikailag a nemlineáris rendszert tört kvadratus funkcióval lehet modellezni. Ennek a funkciónak az előnye az, hogy közömbös számnak nulla és egyes között a hatványa gyorsan növekedik, és az egyestől magasabban, pedig gyorsan csökken (9. ábra).

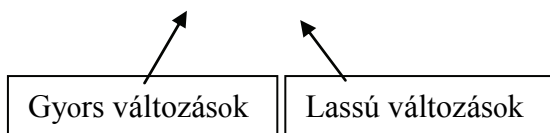
A 8. ábrán látható, hogy az objektumok egymásután ciklikusan vannak bekötve, így elegendő, hogy csak három objektumot modellezzünk egy lépésében. Az objektumok nagyságrendjét fel lehet írni MS Excel táblázatkezelőben, amely könnyen elérhető program.



9. ábra
A két vezérlő funkció viszonya

Minden cella a következő nemlineáris képlettel van definiálva (2). Minden egyes cella egy objektum nagyságát képviseli.

$$A_{n+1} = A_n + \left(\frac{B_n}{A_n^2} \cdot k - \frac{C_n}{A_n} \right) \cdot r \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$



k, r – irányító paraméterek, amelyek az objektumok növekedési sebességét és a relatív nagyságrendüket szabályozzák. A rendszer stabilitását a paraméterek iterációjával lehet biztosítani.

A második sorban csak a belépő értékek vannak felírva (10,10,10,11,10). A harmadik sortól a cellákban a képletek vannak felírva (10. ábra).

115		f _k				
	A	B	C	D	E	F
1	A	B	C	D	E	15
2	10	10	10	11	10	1
3	10,5	10,4	10,65	11,33058	10,5	
4	10,90068	10,7875	11,16254	11,63069	10,9381	
5	11,23843	11,14818	11,58279	11,90635	11,31853	

10. ábra
A cellák elrendezése az Excel táblázatkezelőben

A képletek szintaktikus felírása a harmadik sorban:

$$=A2+(B2/A2/A2*\$F\$1-C2/A2)*\$F\$2$$

$$=B2+(C2/B2/B2*\$F\$1-D2/B2)*\$F\$2$$

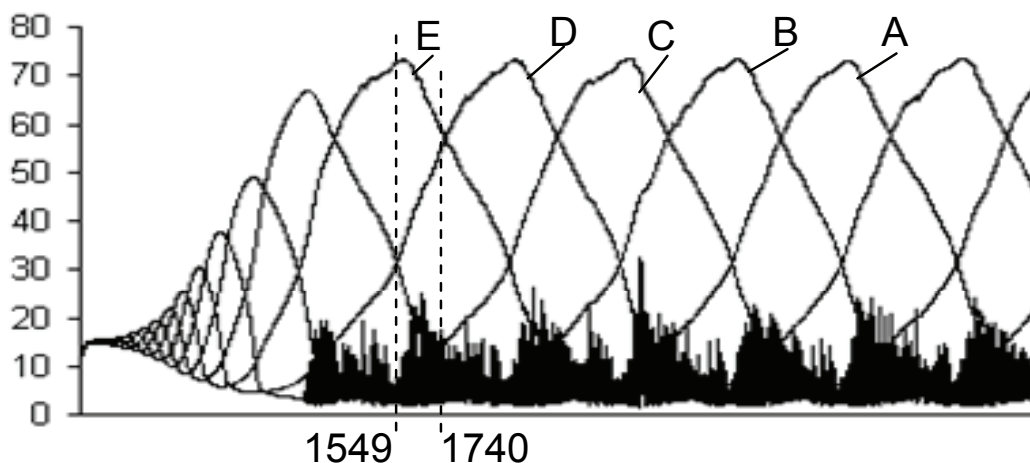
$$=C2+(D2/C2/C2*\$F\$1-E2/C2)*\$F\$2$$

$$=D2+(E2/D2/D2*\$F\$1-A2/D2)*\$F\$2$$

$$=E2+(A2/E2/E2*\$F\$1-B2/E2)*\$F\$2$$

A F1 és F2 cellákban vannak elhelyezve az irányító paraméterek (k=15, r=1).

A cellákban be van tartva az objektumok sorrendje (A,B,C,D,E). Öt cella egy sorban, az ötszögnek öt objektumát képviseli. Egyidejűleg az öt cella értéke belépő értékeket eredményez a következő sor számára. Így elérhető a ciklikus értékváltozás (11. ábra).

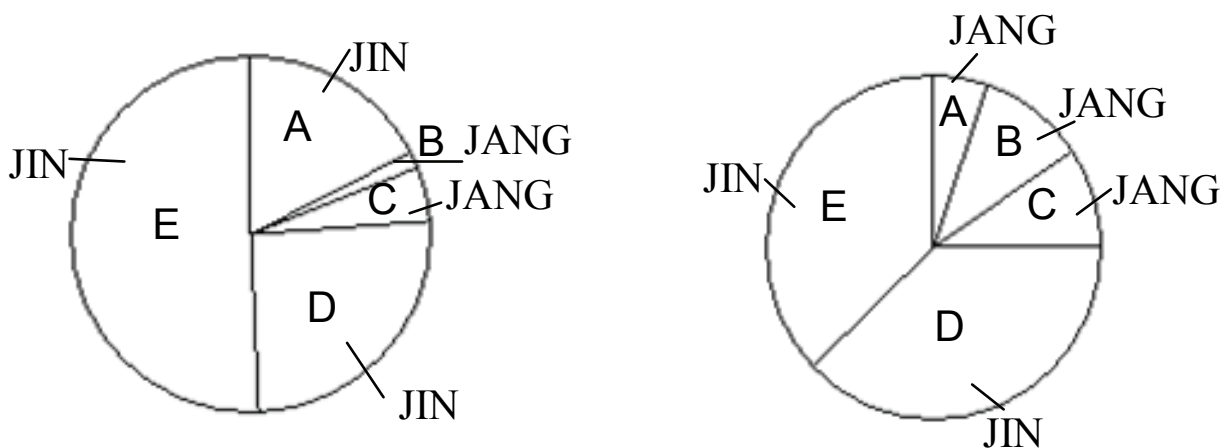


11. ábra
Az objektumok ciklikus értékváltozása

Próbaszerűen a cellákba lineáris egyenleteket is tehetünk, de ebben az esetben a rendszer divergálni fog. A modell nem egészen tökéletes, mert analitikus funkciókat használunk, de a rendszer vizsgálására még megfelel.

4. ÖT ELEM

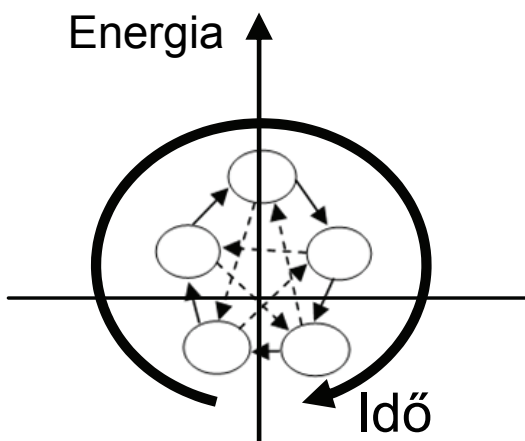
A sorokban lévő öt cellát kördiagramban lehet ábrázolni (12. ábra). Így különféle nagyságú metszeteket lehet egyszerre értékelni. A relatívan nagyobb részt, JIN-el jelöljük. A kisebb, pedig a JANG elnevezést kapja. A elnevezéseket az keleti filozófiából kölcsönöztük, de a modell nem a filozófia elveiből indult ki. Ez csak egy figyelemreméltó egybeesés a nemlineáris rendszer és a filozófia között. Próbászzerűen bizonyítani lehet, hogy az ötszögben csak két fajta nagyságelosztás lehetséges. Jin-Jin-Jin-Jang-Jang avagy Jin-Jin-Jang-Jang-Jang. Ez az eredmény is figyelemreméltó egybeesés a keleti filozofikus rendszerrel [3].



12. ábra
Az 1549 lépés és az 1740 lépés változatai

5. KULCS AZ ÖT ELEM RENDSZER SZERKESZTÉSÉHEZ

A természeti jelenségek megfigyelése alapján arra lehet következtetni, hogy minden ciklikus rendszer kis nagysággal és energia tartalommal kezdődik. Idővel gyorsan megnövekszik az energia és a nagyság, aztán pedig lassan apad. Az öt elem rendszerében is hasonlóképpen kering az energia mint az információ (13. ábra).



13. ábra
Az öt elem rendszer szerkesztésének kulcsa

6. ÖT ELEM RENDSZER SZERKESZTÉS A KARBANTARTÁSBAN

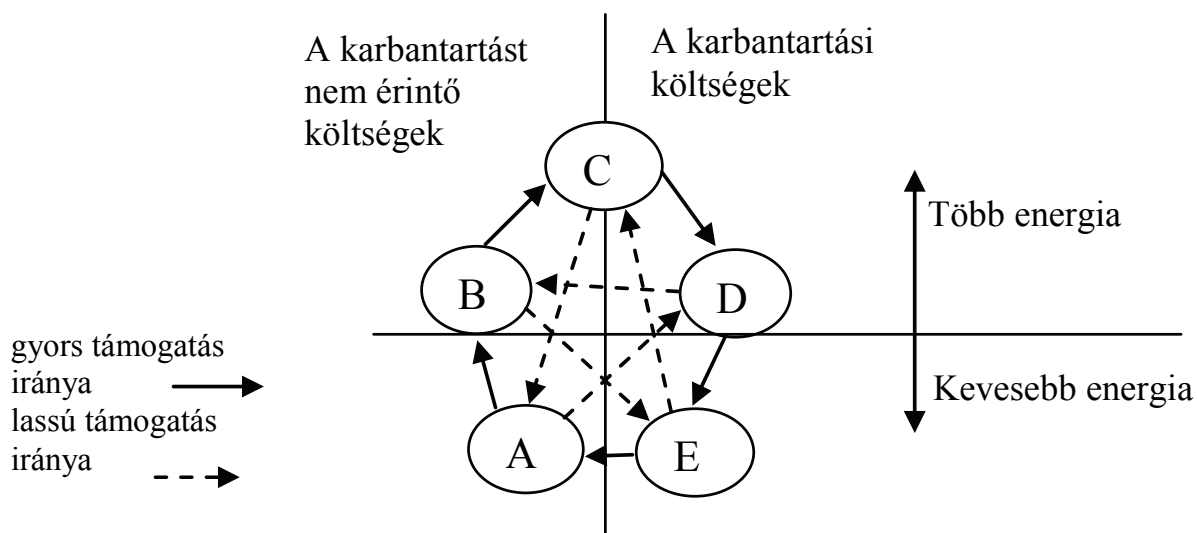
Elsősorban azt kell megállapítani, hogy milyen alapvető nemlineáris viszony hat a karbantartási rendszerben. A karbantartás fő célja a rendszer megbízhatóságának biztosítása minimális befektetett költségek mellett. Ha a minimális összköltséget konstans értéknek tekintjük, akkor a nemlineáris rendszert a megbízhatóság és a produktivitás kölcsönhatása alkotja.

- A karbantartást nem érintő költségek növelik a produktivitást, de csökken a rendszer megbízhatósága.
- A karbantartási költségek növelik a rendszer megbízhatóságát, de csökken a produktivitás.

Második lépésben meg kell találni a karbantartási rendszernek az öt alapelemét. Itt a termék életfolyamatából lehet kiindulni. Elsődleges, hogy megtanuljuk a termék biztonságos kezelését. Tehát a tudás és a tapasztalatszerzés az első helyen áll. Eleinte a termék pontosan és megbízhatóan működik. Ez az anyagtulajdonoságnak és a gyártás precizitásának köszönhető. Bizonyos idő elteltével a degradációs folyamatok hatására romlanak a használati funkciók paraméterei. Ebben az esetben a regularizációs és diagnosztikai rendszerek hasznosítása érvényesül. További károsodás esetén a cserélés taktikája és a zálogrendszer megoldások érvényesülnek. A termék utolsó életfázisát is hasznosítani lehet. Például a produktivitás és terhelés csökkentésével, de az adott megbízhatóság fenntartása mellett.

A karbantartás-rendszer öt eleme (14. ábra):

- Karbantartók és szolgáltatók oktatása. Környezetváltoztatás, például klimatizáció alkalmazása, munkahely rendfenntartása, gépkatrészek fedése stb.
- Megbízható terméktervezés ellenálló anyagból és pontos termékgyártás. Jó konstrukció és hibátlan szerelés.
- Rendszerirányítás, rendszerfelügyelet, diagnosztika és prediktív karbantartás.
- Zálogrendszerek, cserealkatrészek, csereanyagok használata és géprenoválás.
- Terheléscsökkentés, felújított fölhasználás, energia- és eszköz-megtakarítás.



14. ábra
A karbantartás-rendszer öt eleme

Minden vállalat számára sajátos a karbantartási problémák megoldása. Ami jó egyik számára, nem biztos, hogy elfogatható a másinak. A hatékonyság mértéke a vállalat menedzseri döntéseitől függ. Ha például a drágább, de tartósabb helyett olcsóbb és kevésbé megbízható alkatrészeket vásárolnak, meglehet, hogy a hibák és az anyagi károk halmaza megnövekszik. Ennél fogva az utólagos karbantartási költségek jóval felülmúlhatják az olcsóbb beruházás nyereségét.

A nemlineáris rendszerből kiindulva, több megoldás is lehetséges az összköltségek csökkentésére.

Az elemek közti viszonyok analízise:

- a) A gyors támogatás irányában
 - Oktatás növelése és degradációs hatások csökkentése gyorsan csökkenti a konstrukció és anyagkövetelményeket.
 - Magas konstrukció megbízhatóság gyorsan csökkenti az irányítási és felügyeleti követelményeket.
 - Irányítási és felügyeleti rendszerek alkalmazása gyorsan csökkenti a cserealkatrészek tárolási és felvásárlási követelményeket.
 - Cserealkatrészek és zálogrendszerek alkalmazása gyorsan csökkenti a felújításra, energia- és eszköz megtakarításra fordított követelményeket.
 - A felújítás, energia- és eszköz megtakarítás gyorsan csökkenti az oktatás növelésére és degradációs hatások csökkentésére szánt követelményeket.
- b) A lassú támogatás irányában
 - Oktatás növelése és degradációs hatások csökkentése lassan csökkenti a cserealkatrészek tárolási és felvásárlási követelményt.
 - Cserealkatrészek és zálogrendszerek alkalmazása lassan csökkenti a konstrukciós és anyagkövetelményt.
 - Magas konstrukciós megbízhatóság lassan csökkenti a felújítására, energia- és eszköz megtakarításra fordított követelményeket.
 - A felújítás, energia- és eszköz megtakarítás lassan csökkenti az irányítási és felügyeleti követelményeket.
 - Irányítási és felügyeleti rendszerek alkalmazása lassan csökkenti az oktatás növelésére és degradációs hatások csökkentésére fordított követelményeket.

Ha teljesen egyenletes költségelosztást érvényesítünk az egyes elemekre, akkor sokszor logikátlan megoldások jönnek létre. Például, ha egy megbízhatóan dolgozó gépre, még egy drága diagnosztikai rendszert alkalmazunk. Ennél fogva a gyakorlatban mindig csak egy domináns elemmel lehet találkozni.

Ha a vállalat sikeres, maradhat a fenntartott vállalati politikája mellett, de ha a külső körülmények változnak, tanácsos alkalmazkodni. Ekkor születnek a legfontosabb döntések, melyik elemet kell jobban vagy kevésbé támogatni a karbantartási rendszerben. A végső cél mindig az összköltségek minimalizálása.

7. GYAKORLATI ALKALMAZÁS

Tételezzük fel, hogy az adott vállalatban domináns részleg az irányítási és felügyeleti rendszerek alkalmazása (C elem), de közben már az elavult géprészlegek sok hibát produkálnak (E elem). Ez egy gazdaságtalan állapot, mert a hibák oka zömében a fizikai elavulás.

Lehetséges megoldások:

- a) Új gépek és technológiák használata, ez által növelni a termelőképességet (B elem). Gyors javulást lehet feltételezni, de a költségek is magasak. Ez jó megoldás, ha van elegendő beruházási hitel.
- b) Cserealkatrészek beszerzése. Ha valami elromlik, akkor cserével felújítjuk (D elem). Lassú javulást lehet feltételezni, a költségek is alacsonyabbak. Ha morális elöregedés veszélye áll fenn, akkor ez már nem jó megoldás.
- c) Kihasználni az elavult géprészlegeket kisebb produktivitás és terhelés mellett. Így viszonylag olcsón lehet növelni a megbízhatóságot (E elem). A megoldás jó, ha kicsi a hitel, vagy olyan esetekben, amikor az alacsony megbízhatóságból fakadó károk túlságosan magasak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A hétköznapi életben, a nemlineáris rendszerek rejtet formájukban oszcillálnak. A modellezés és a rendszer fölmérése, ismerete teszi lehetővé a szélesebb körű megoldások hasznosítását. A karbantartást illetően, a cikkben ismertettük a nemlineáris rendszer viselkedésének leírási módszerét. A módszert természetesen tovább lehet fejleszteni és tökéletesíteni.

IRODALOM

- [1] Gleick J.: *Chaos. Vznik nové vědy*. Ando Publishing 2002, ISBN: 80-86047-04-0.
- [2] Dobránsky J., Jacko P.: *New Trends in Technical Systems Operation* : In: TSO '2009 Proceedings 9th International Scientific Conference : Prešov, Slovak Republic, 5.-6.11.2009 , Prešov : FVT TU, 2009. ISBN 9788055303123.
- [3] Ruzicka, R.: *Mikrosystemy akupunktury ruka noha terapie zon Su-Jok akupunktura*. Iris RR, Frydek-Místek (1999), ISBN 80-85888-18-1

Komplex vegyületek a gyógyászatban

Complex Compounds in the Therapy

Combi-nații complexe în terapie

ifj. Dr. VÁRHELYI Csaba¹, Dr. URAY Zoltán², Dr. MAJDIK Kornélia¹, Dr. VÁRHELYI Csaba²

¹„Babeş-Bolyai“ Tudományegyetem, Kémia kar, Kolozsvár
²Erdélyi Múzeum Egyesület, Mat. és Term. Tud. szakosztály

ABSTRACT

Biomedical inorganic chemistry is an important new area of chemistry. It offers potential for the design of novel therapeutic and diagnostic agents and hence for the treatment and understanding of diseases which are currently intractable.

More over it is evident, that many organic compounds used in medicine do not have a purely organic mode of action, some are activated or biotransformed by metal ions, others have a direct or indirect effect on metal ion metabolism (e.g.: metallo-enzymes).

After a short historical review of the use of various metal-complexes, especially, with organic ligands for medicinal purposes, some problems of the biomedical chemistry of the 3 – 5 dⁿ transition metals were discussed (antimicrobial and antiviral agents, anti-inflammatory and anti-artritic compounds, neurological agents, insulin mimetics, some problems of the tumoral diseases).

ÖSSZEFOGLALÓ

Szerves ligandumokkal képzett vegyületek gyógyászati alkalmazására vonatkozó történelmi áttekintés után, főleg a 3 – 5 dⁿ átmeneti fémek biokémiai alkalmazásának néhány fontosabb kérdését tárgyalják: bakteriális és vírusos fertőzések elleni szerek, gyulladásgátló, reumaellenes készítmények, idegrendszeri betegségek gyógyászati problémái, komplex-vegyületek és a szervezet cukorháztartása, daganatos betegségek és a fémvegyületek.

A bioszervetlen kémia rohamos fejlődésére vonatkozó új gondolatok rövid ismertetése.

BEVEZETÉS

A különböző állati, növényi testrészek elégetésekor keletkező hamu kémiai analízise során kiderült, hogy a periódusos rendszer sok fémje fordul elő az élő szervezetekben. Mennyiségük nagyon különböző, néhány g/kg-tól a mg tört részéig.

Néhány fém relatív mennyiségét a felnőtt emberi testben az 1. táblázatban tüntettük fel.

1. táblázat. Néhány fém koncentrációja a felnőtt emberi testben

Fém	Összmenyiség – 70 kg felnőtt (mg)	Vérben ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Májban	Izmokban	Vesében
			Szárított anyag ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		
Na	100	1960	3000	2600 – 8000	10 000
K	140	1700	8500	16 000	8300
Mg	20	24	590	900	630
Ca	1000	61	100 – 360	140 – 700	400 – 820
Fe	4000	450	250 – 1400	180	170 – 710
Co	1,4	< 0,04	0,06 – 1,1	0,028 – 0,65	0,035 – 0,31
Ni	10	2 – 4	0,02 – 1,81	1 – 2	0,6 – 1,8
Cu	50 – 120	1000	30	10	16

Fém	Összmenyiség – 70 kg felnőt (mg)	Vérben ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Májban	Izmokban	Vesében
			Szárított anyag ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		
Zn	1400 – 3000	9000	240	240	200
Mo	9 – 10	0,001	1,3 – 5,81	0,018	0,9 – 3,11
V	15	< 0,0002	0,006	0,02	0,03
Cr	2	2 – 5	0,02 – 3,3	0,024 – 0,084	0,05 – 4,7
Mn	12 – 20	69	3,6 – 9,6	0,2 – 2,3	3,3

A legtöbb átmenetifém a szervezetben nyomelemnek tekinthető, mert csak nagyon kis mennyiségben található benne. Legnagyobb mennyiségben a vas fordul elő, s napjainkig talán ennek a különböző szerepét tanulmányozták a leggyakrabban, különösen a légzéssel, az élő állati szervezetek oxigén szükségletével kapcsolatban. Az alkáli- és alkáliföldfémek (Na, K, Mg, Ca) viszonylagos mennyisége a legnagyobb. Szerepüket mégis a legkevésbé vizsgálták, mert ezek nagyon gyenge komplexképzők, és nem is tanulmányozhatók a legtöbb spektroszkópiai módszerrel. Biokémiai szerepük jobb megértésére talán a rohamosan fejlődő NMR-spektroszkópia nyújt majd hathatósabb segítséget.

Sok 3d átmenetifém szerepel az enzimek, bizonyos szervek kialakulásában, fejlődésében. Egyes fémek, mint pl. a vanádium, króm, ón biológiai szerepére vonatkozólag még alig indultak meg kutatások.

Az utóbbi 40–50 évben rohamos fejlődésnek indul a bioszervetlen kémia. A kutatók rájönnek arra, hogy bizonyos szerves anyagok fémionok jelenlétében nagyobb hatást fejtenek ki egyes betegségek leküzdésében, mint azok nélkül. Így kerül sor, számos komplexvegyület kipróbálására különböző fertőző- és hiánybetegségek leküzdésére. Ezzel párhuzamosan az egyre finomabb és gyorsabb vizsgálati módszerekkel ma már több mikrobiológiai folyamat mechanizmusát is felderítették. A vizsgálatok bebizonyították, hogy e folyamatok sebességét katalizáló enzimek közül többnek a szerkezetét is sikerült megállapítani. Ma már több száz olyan enzimfajtát ismerünk, melynek összetételében valamilyen átmenetifém szerepel. Az ismert enzimek néhány fajtájának sikerült meghatározni több fizikai állandóját, pl. a pontos molekulatömegét is. Csak cinktartalmú enzimből, több mint 100 fajtát ismerünk. Ezek különböző biokémiai folyamatokat katalizálnak (oxidáz, reduktáz, dezamináz, stb.). A bioszervetlen kémiai gyógyászati eredményeket csoportosíthatjuk a különböző típusú gyógyítható betegségek, bakteriális és vírusos, nehezen gyógyítható fertőzések, gyulladások, daganatos folyamatok, fekélyek, idegrendszeri bajok, stb. alapján. Kémikusok számára talán áttekinthetőbb lenne a fémek alapján való osztályozás. Mivel egyes komplex vegyületeket többféle betegség leküzdésére is felhasználnak, maradunk meg inkább az előbbi rendszerezésnél.

TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A középkorban az alkímisták alig néhány fémet ismertek. Ezek bizonyos származékait (Hg, Sb, Bi, Cu, Fe) igyekeztek gyógyászati célokra is felhasználni, többnyire nagyon kevés sikerrel és sok-sok mérgezéssel (Jatrokémia kora).

Amerika felfedezése után a hasznos növények, a krumpli és a kukorica mellett a XVI. században átkerül Európába a szifilisz is. Csakhamar a déli országokban tömeges megbetegedéseket okoz. A nagy nápolyi járványok idején, főleg bizmut- higany- és jód-vegyületeket alkalmaznak a kór leküzdésére, kevés sikerrel. E gyógyszerek mérgező hatásuk folytán több bajt, mint hasznot okoztak. Használatuk azonban fennmarad a XX. század közepéig. A régebbi korok legismertebb fémje az arany volt, amely még ma is megőrizte gyógyászati hatását.

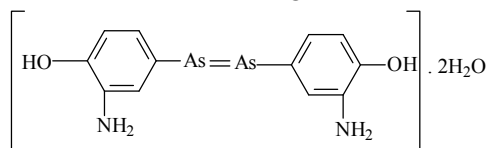
A vas felfedezése a vörös vértestekben adja az ötletet, hogy rozsdás vastárgyakat áztassanak jó rajnai borokban, s néhány heti állás után vérszegény betegekkel itassák azt. Talán megemlíthetjük itt, hogy nagyon régóta használatos a köznapi életben néhány fémsó: MgSO_4 (keserű só), mint hashajtó, NaHCO_3 gyomorsav túltengés ellen, BaSO_4 a gyomor és bélrendszer vizsgálatakor, Zn-, Sr-sók, CaF_2 a fogászatban, Al és Zr-sók izzadás gátló szerekben, Zn, Se, Sn-sókat bizonyos kozmetikai cikkekben, stb.

Nyilvánvalóvá válik, hogy a gyógyászatban használt szerves anyagok nem tisztán klasszikus szerves kémiai vegyfolyamatok során hatnak, gyakran bizonyos fémionok jelenlétében a biokémiai reakciók felgyorsulnak. Ide sorolhatjuk a fémtartalmú enzimeket is. E biokémiai jelenségek mechanizmusának felderítésében a tudományos kutatások még elég kevés eredményre vezettek [1-6].

1. BAKTERIÁLIS ÉS VÍRUSOS FERTŐZÉSEK ELLENI SZEREK

As

E betegségek felismerését nagyban megkönnyítik a különböző mikroszkopikus vizsgálatok. Ma már a komplexkémiai irodalomban számtalan olyan tanulmányra akadunk, melyekben az előállított vegyületek fizikai és kémiai vizsgálata mellett feltüntetik azok biológiai hatását is különböző baktérium- és vírus-fajtákkal szemben. Sokféle 3d- és 4d-átmeneti fémmel képezett komplex vegyületek leírásánál találkozunk ilyen biológiai kiegészítésekkel. Visszatérve az előbb említett vérbaj gyógyítására, 1908-ban *Erlich* és *Hata* bevezetik, a *szalvarzán*-t, egy hidroxil-amino-arzén származékot, ami igen hatásos szernek bizonyult:



Az arzéntartalmú vegyületek mérgező mellékhatását azonban nem sikerült kiküszöbölni. Mégis ez maradt használatban a II. világháború közepéig, a csodás hatású penicillin felfedezéséig (A. Flemming, 1943). Ennek ellenére az említett arzén származékot tekinthetjük a modern kemoterápia elindítójának.

Sb

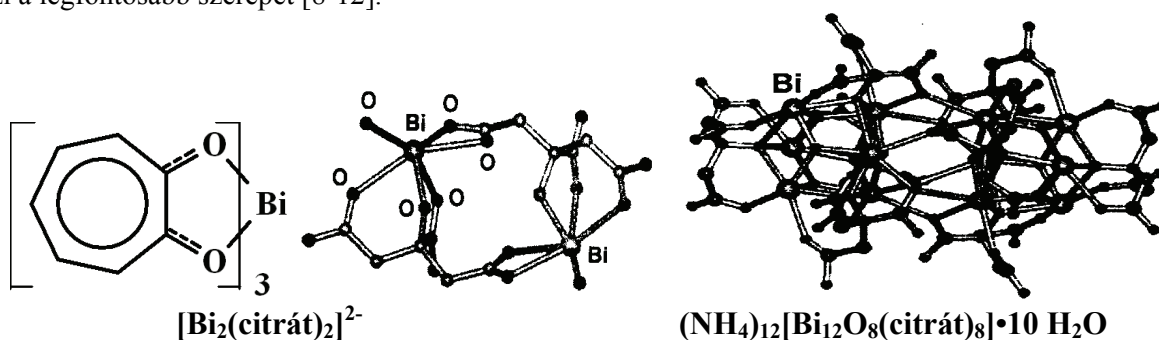
Gyógyászati célokra az antimon-vegyületeket már több évszázad óta alkalmazzák. A szénhidrát származékok, főleg a polioxi-karbonsavak, könnyen képeznek Sb(V)-komplexeket, melyeknek centrális része SbO_6^- . Ezek még nem tisztázott módon beépülnek az élő szervezetek védekező rendszerébe (bakteriofágok), s a fertőző baktériumokkal való kölcsönhatás során redukálódnak Sb(III)-származékokká. E folyamat során, a pH-tól függően ($\text{pH} < 6$) a bakteriofágok szabadabbá válnak, és a kórokozók elpusztulnak. E Sb vegyületeket a malária ellen is kipróbálták. E csoportba sorolhatjuk a borkősav Sb(V)-komplexét, „a hánytató borkövet”, amit már nagyon régóta alkalmaznak a házi orvosok gyomortisztítási célokra [7].

Bi

A bizmut-vegyületeket több mint két évszázada használják különböző gyomor- és bélbántalmak kezelésére. Ezek közé számítjuk a bikarbonátot, szalicilátot, valamint a kolloidális citrátot. Ezek mind Bi(III)-származékok. Bi(V)-vegyületeket nagyon nehezen állítunk elő, mert erős oxidálószer. A bizmut-vegyületek szerkezete jórészt ismeretlen és a fém koordinációs száma 4–10 között változik. Koordinációs kémiai szempontból a bizmut kevésbé jelentős fém, mert a nagyon stabil $6s^2$ elektronjai igen nehezen vagy egyáltalán nem lépnek kölcsönhatásba a sokféle ismert di- és polidentát ligandumokkal. Ezt tükrözi az a jelenség is, hogy e származékok könnyen hidrolizálnak állandó hidroxo- és oxo-komplexek keletkezése közben. A citromsavas komplexek $\text{pH} = 3,5 - 7,5$ tartományban állandóak.

A bizmut aktivitása a fekélyek esetén, a gennykeltő baktériumok (*Helicobacter pylori*) elpusztítását jelzi. A fent említett vegyületek nem kötődnek a rákos sejtekben a DNS-molekulára, s így e származékok nem alkalmazhatók rákgyógyászati célokra.

A bizmut biológiai aktivitására vonatkozólag jelenleg keveset mondhatunk. A Bi(III)-ion nem létesíthet eléggé állandó kötéseket O- és N-ligandumokkal, de legjobban kapcsolódik a S-tartalmú csoportokkal. Pl. a cisztein aminosavval, a Bi(III) hordozójával az emberi szervezetben a glutation-tripeptid: $\gamma\text{-L-Glu-L-Cis-Gly}$, végzi a legfontosabb szerepet [8-12].



1. ábra
Bi-komplexek.

Ag

A vízben oldódó egyszerű ezüst sókat (például: acetát, nitrát, szulfát) és néhány komplex vegyületét már régóta használják egyes fertőző betegségek elleni küzdelemben. Megemlíthetjük, hogy már a csecsemők szemébe is csepegtetnek 1%-os AgNO_3 oldatot, hogy megakadályozzák bizonyos szembetegségek kialakulását.

Az ezüst-komplexeket főleg külsőleg alkalmazzák kenőcsök vagy borogatás formájában, pl. komolyabb bőrfelületi égéseknél bakteriális és gombafertőzések megelőzésére. A klinikai gyakorlatban használt ezüst-komplexek közül megemlíthetjük az $[\text{Ag}(\text{depe})_2]\text{NO}_3$, (depe = $\text{Et}_2\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{PPh}_2$), $[\text{Ag}(\text{imid})_2]\text{NO}_3$ (imid = imidazol), valamint a szulfadiazin származékot, melyek egész sor bakteriális és gombafertőzés ellen alkalmazhatók [13].

MALÁRIA ÉS HIV ELLENES GYÓGYSZEREK

A malária az egyik legpusztítóbb népbetegség világszerte. 1990–1995-ös adatok szerint évente közel 250–300 millió ember fertőződik meg, és 2 millió gyermek pusztul el ebben a kórban. A malária elleni küzdelemre sokféle szerves anyagot (pl. kinolin-származékokat) és komplexvegyületeket többféle ligandummal (oxisavak, azometin-származékok, aminosavak) használnak ma is. Legfontosabb kórokozója a *Plasmodium falciparum*, amely nagyon ellenálló a legtöbb malária-ellenes gyógyszerrel szemben. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a kórokozó szaporodásához vasra van szükség. Ezért elbontja a vörös vérfestéket. A fém porfirin-gyűrűjét előbb polimerizálja, majd szétszakítja. Több Al(III), Ga(III) és Fe(III) poliaza-makrociklusos vegyületet is kipróbáltak e célra. Nagy fölöslegben azért próbálkoztak, mert a Fe(III) létszükséglet e veszélyes baktériumfajta szaporodásához. Sajnos, a szervezetbe bevitt vaskomplexek nem bizonyultak hatásosoknak [14, 15].

A másik eléggé elterjedt, jelenleg gyógyíthatatlan népbetegség, a HIV. Ez egy vírus által okozott fertőzés, amely ellen folyik a kemoterápiás kezelés, nemzetközi összefogással. Kipróbáltak e célra több tetra-azamakrociklusos Ni(II), Cu(II), Co(II), Zn(II)-komplexet. Ezek mellett kipróbáltak különböző azometin-származékokat is [16-18].

Egyes komplexek könnyen kötődnek a HIV-vírus részecskéken, és megsemmisítik azokat. E célra általában nagy reagens fölösleggel dolgoznak. A Zn-komplexek esetén megállapították, hogy ez a kemoterápia még nagyon sok kívánnivalót hagy maga után.

2. IZÜLETI GYULLADÁS-GÁTLÓ (ANTI-ARTRITISZ) SZEREK

Au

Biológiai szempontból az aranyvegyületek kémiai sajátosságai az Au(III)-ból és az Au(I)-ből vezethetők le. Előállításukra kiinduló anyagként főleg az arany-savat, $\text{H}[\text{Au}(\text{III})\text{Cl}_4]$, használják, mely már gyengébb redukáló-szerek hatására is Au(I)-á alakul át. Az AuCl_4^- és hidrolízis terméke, $[\text{AuCl}_3(\text{H}_2\text{O})]$, erősen savanyú oldatokat képeznek (pH: 0,5 – 0,8), többnyire túl erős oxidáló-szerek. Ezért biokémiai célokra csak ritkán használhatók.

Ami az Au(III)-vegyületeket illeti, ezek könnyen oxidálják a tiol (SH), diszulfid és metionin csoportokat a peptidekben és proteinekben, s így megváltoztatják azok biológiai szerepét. Ezen kívül savassá teszik a biológiai környezetet. Egyes Au(III)-származékok, mint pl. az $[\text{Au}(\text{en})_2]^{3+}$, (en: etiléndiamin), $[\text{Au}(\text{ciklám})]^{3+}$, szóba kerültek a rákgyógyászatban is. Citotoxicitásuk megegyezik a cisz-platinéval. Sőt az utóbbiakkal szemben, a rezisztens rákos sejteket is megtámadják. Hiányosságuk viszont az, hogy gyorsan hidrolizálódnak és redukálódnak Au(I)-á, ezért nagyon kicsi a hatásfokuk.

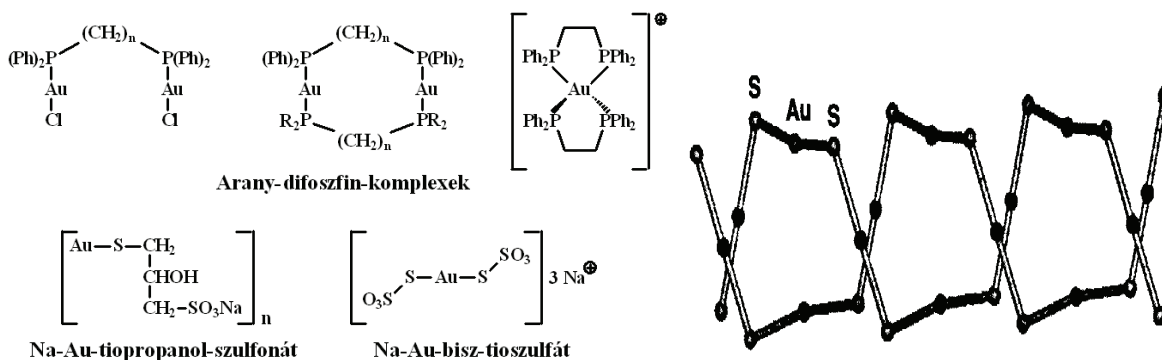
Biológiai szempontból legfontosabbak az Au(I)-vegyületek. Nemrég felfedezték, hogy könnyen lehet Au(I)–C kötéseket létesíteni. Az utóbbi évtizedekben előállítottak egy sor Au(I)–fémorganikus vegyületet. Rájöttek arra, hogy ezek közül jó néhány gyógyászati szempontból is felhasználható, különösen gyulladásgátló célokra. A klasszikus Au(I)-komplexek közül a NaAuS_2O_3 -ról már Koch Róbert, a TBC bacilusának felfedezője feltételezte, hogy e vegyület hatásos lenne a szifilisz és a tüdőbaj kezelésére. Később az auro-tioglikoizt krónikus reumatikus fájdalom enyhítésére használták injekció formájában. Más Au(I)-származékok e célra a NaAu(I)-tiomalonát (Myocrisine) NaAu(I)-tiopropanol-szulfát formájában (Allocrysine), valamint a tetraacetyl- β -D-tioglikoiz-trietil-foszfin (Auranofin). Az Au(I)-nek erős az affinitása a tiolok S-atomjához, de nagyon gyengén kötődik az O- és N-donor csoportokhoz.

Ha az Au(III) redukálására erősebb redukáló szereket használunk, akkor kolloid fém-arany oldatokat nyerhetünk. Ezeknek a színe különböző lehet: vörös, kék, ibolya. A szín az arany-részecskék nagyságától

függ. Érdekes megjegyezni, hogy e színes oldatokat a reneszánsz korban igen népszerű orvosságként használták ízületi bántalmak kezelésére. Abban az időben ezeket a színes oldatokat iható aranynak, „aurum potabile“-nek nevezték. A kolloid aranyoldatok színét lehet változtatni a $\text{Na}[\text{Au}(\text{III})\text{Cl}_4]$ redukciója kísérleti körülményeinek változtatásával (különböző redukáló-szerek, pH, oldószer-összetétel, hőmérséklet, stb.).

Érdekes, hogy az arany-kolloidok és $\text{Au}(\text{I})$ -vegyületek ma is használatosak a fent említett célra. Megfigyelték, hogy hosszan tartó kezelések során a fém-arany mennyisége a szervezetben 5–10 g-ra is megnövekedhet, és a kezelés megszűnte után is megmarad a szervezetben. Az $\text{Au}(\text{III})$ redukálására nagyon régóta alkalmaznak citromsavat [19-23].

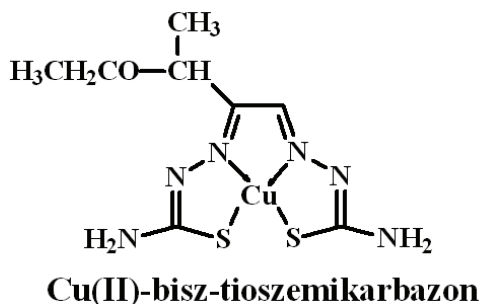
A 2-es ábrán néhány arany-komplexet tüntettünk fel.



2. ábra
Au-komplexek.

Cu

A réz alkalmazására a gyógyászatban az a megfigyelés hívta fel a figyelmet, hogy a réz-karkötők, rézsattok huzamosabb ideig való viselése elúzi a reumatikus fájdalmakat. *Hangartner*, a finnek rézbányászainak tanítója, 1939-ben feljegyezte, hogy tanítványai között egyetlen reumás beteg sem található. Később vizsgálni kezdték a reumás betegek vérében a réztartalmat, s rájöttek arra, hogy a réz bevitel a szervezetbe kedvező hatással van a gyógyulási folyamatokra. Erre a célra különböző aromás szubsztituált karbonsavak és szulfonsavak $\text{Cu}(\text{II})$ -sóit használták. Egyúttal azt is tapasztalták, hogy a réz-sók a gyulladási folyamatokat általában gátolják. Sokféle fekély gyógyítására is próbálkoztak ilyen származékokkal. Megfigyelték viszont, hogy a $\text{Cu}(\text{II})$ -sók izgatják a gyomor- és bélszöveteket. A réz-komplexeknek elég tekintélyes redox-kémiaja fejlődött ki. Ezt igazolják a polarográfiás vizsgálatok is. Az azometinek (különböző szalicilsav-származékok, egyes oximok, tioszemi-karbazonok, stb.) rézvegyületei alkalmasak egyes leukémia-féleségeknél a rákos sejtek elpusztítására. Ezeket az eredményeket egérkísérleteknél észlelték. Ezen kívül az azometinek rézvegyületei alkalmasak bizonyos maláriás betegségek gyógyítására is [24-29].



3. ábra
Cu-komplex

Co

A kobalt(II)- és -(III)-komplexeknek igen fontos szerepük volt az egész komplexkémia fejlődésében az utóbbi 150–200 év folyamán. Gyógyászati szempontból a B₁₂ vitaminnak van jelentősége, főleg a vészes vérszegénység kezelésében. Szerkezetét *Dorothy Hodgins*, angol kutató állapította meg röntgen-vizsgálatok alapján. Egy vonatszerelvény rakterületének megfelelő marhamájából sikerült kb. 0,5–1 grammot e célra előállítani. Schrauzer és munkatársai rájöttek arra, hogy e szerkezetben C–Co^{III}–N₄ atomcsoport fordul elő, épp úgy, mint ahogy egy sor alkil-Co^{III}-dioximin komplexben: R–Co(DioxH)₂X. E hasonlóság lehetővé tette, hogy egy sor olyan biokémiai folyamat kinetikáját és mechanizmusát tanulmányozzák, melyekben a B₁₂ vegyület is részt vesz. Az említett leukémia mellett, például a rákgyógyászatban is bizonyos szerepet tulajdonítanak ezeknek, ugyanis a C–Co-kötés könnyen felhasad, és a keletkező R•-szabadgyökök pusztítják a rákos sejteket [30-33].

3. AZ ÉLŐ SZERVEZETEK CUKORHÁZTARTÁSA ÉS A KOMPLEX VEGYÜLETEK

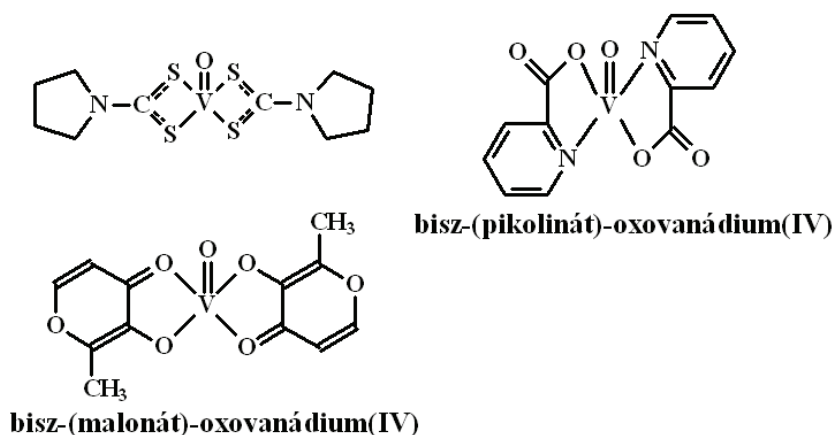
Az állati és emberi szervezetek glükózsztintjét a különböző szervekben, vérben, testnedvekben, az inzulin szabályozza. Ez elősegíti a glükóz felvételét, oxidációját, a glükogén szintézisét az izmokban. Manapság is ez a vegyület az egyedüli gyógyszere a világszerte nagyon elterjedt cukorbetegségnek. *Banting* és *Best* különítette el először az inzulint a hasnyálmirigyből (Nobel-díj 1922-ben). Inzulin hiányában a betegek elpusztulnának, és ezért állandó, kellemetlen inzulin-injekciós kezelésre szorulnak.

V

Az 1980-as években felfedezték, hogy egyes vanádium vegyületek: NaVO₃, VOSO₄, stb., utánozzák az inzulin biokémiai hatását, a cukorszint szabályozását. E jelenséget laboratóriumi körülmények között egereken tanulmányozták. Emberi használatra azonban nem ajánlották az egyszerű vanádium vegyületeket, mérgező hatásuk miatt. További kísérletek azt igazolták, hogy a szerves vanádium komplexek és vanádium fémorganikus vegyületek kevésbé mérgezőek, sőt, hatásosabbak a cukorbeteg elleni küzdelemben.

Amint ismeretes, e fém származékai közül a V(II) nagyon erős redukálószer drasztikusabb körülmények között, ezért alkalmatlan a biológiai kísérletekre. Vizsgálati célokra a V(V) és V(IV)-vegyületek a legalkalmasabbak. Hogy miért éppen a V₅/V₄ rendszer biztosíthatja a cukorháztartás aránylag jó működését egyes állatfajok esetén, arra még egyelőre nincs felelet. Megjegyzendő, hogy a vanádium az élő szervezetben, a vesében és a csontokban halmozódik fel. E kísérletek fontosságát jelzi az a tény, hogy az utóbbi években nagyon felülmúlta a vanádium-vegyületek kutatásával foglalkozó tanulmányok száma [34-40].

Az utóbbi időben kipróbáltak egy sor Cr(III)-komplexet is N-heterociklusos ligandumokkal és oligopeptidekkel az előbb említett problémával kapcsolatban [41-44], sajnos nagyon kevés eredménnyel. Jelenleg a vanádium-vegyületekkel csak állat-kísérleteket végeztek. Klinikai kipróbálásukra mindeddig nem került sor.



4. ábra
Vanádium-komplexek

4. IDEGRENSZERI BÁNTALMAK

Li

Felmerül a kérdés, hogyan is állnak a kutatási eredmények az idegrendszeri biokémiai folyamatok, betegségek terén. A legkiválóbb biológusok, biokémikusok szerint nagy-nagy sötétség uralkodik e téren. Kémikus szemmel nézve manapság talán a lítium-sókról mondhatunk némi biztató adatot. A lítium ionsugara (Li^+) a legkisebb. Erős polarizáló hatása miatt igen jelentős a hidratált ion sugara: $[\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_n]^+$. Gyenge komplexképző sajátosságai miatt hamar szétterjed az élő szervezetekben. Könnyen áthatol a sejtfalakon, és eljut az agysejtekbe is. Egyes vélemények szerint Li^+ -ionok jelenlétében csökken az agyban, szeszes italok, egyes kábítószer (kokain, indiai vadkender) bótító hatása.

Megfigyelték, hogy a lítium-vegyületek, mint pl. a Li_2CO_3 , Li-citrát, -ureát, jól használhatók depressziós lelki-betegségek tüneteinek enyhítésére (dühöngő örültek lecsillapítására, öngyilkossági kísérletek megakadályozására). Ügyelni kell azonban arra, hogy a lítiumsók túladagolása megzavarhatja a Na^+/K^+ egyensúlyt szervezetünkben. Az agyban is lejátszódnak glikolízist több enzimek is szabályozza. A lítium, egyes kutatók szerint, részt vesz ezekben a folyamatokban. Hatással van a pajzsmirigyre, valamint a csontrendszerre is, mert egyes kémiai sajátosságai emlékeztetnek a Mg-ra és a Ca-ra is [45-48].

5. DAGANATOS BETEGSÉGEK NÉHÁNY PROBLÉMÁJA

Manapság a komplex vegyületek legfontosabb gyógyászati felhasználása a daganatos betegségek kemoterápiás kezelése terén van. Erre a célra felhasználnak néhány főcsoportbeli fémszármazékot a periódusos rendszer (III.a, IV.a, V.a) oszlopából. Ezeknél sokkal fontosabbak azonban a III.b–XII.b oszlopokban található d-átmenetifémek komplex vegyületei. Ezek közül nagyon sokat kipróbáltak már legalább laboratóriumi körülmények között. Évente jónéhány termék bekerül a rák kemoterápiás listájára. E fémszármazékok közül főleg a platina-származékokat kell kiemelni. A platina komplexek rákgyógyászati irodalma ma már több ezer tanulmányra terjed ki. E fém mellett a változó vegyértékű kísérő elemek: Rh, Os, Ru-származékait is vizsgálják az említett cél érdekében. Ami a komplex vegyületeket illeti, különböző metallocéneket, azometineket, halogeno-komplexeket és más, vízben viszonylag jól oldódó vegyületeket alkalmaznak. A hihetetlenül gyorsan fejlődő biokémiai vizsgálatok lassan elvezetnek az egészséges és a rákos sejtek biokémiai folyamatainak mechanizmusának tisztázásához.

A daganatos betegségek kemoterápiájával egy következő dolgozatban foglalkozunk.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eddigi biokémiai vizsgálatok során kiderült, hogy a szerves kémia egyre nagyobb szerepet fog játszani a medicinában. A fém-komplexek elég nagy számban specifikus biológiai aktivitást fejthetnek ki. Lehetségessé vált, hogy a fém-komplexek redox és ligandum cserereakcióit tanulmányozhassuk fiziológiai körülmények között. Nyilvánvalóvá válik, hogy a biológiai aktivitást a fém és a ligandum együttesen fejti ki, és nem egyedül a fém. Elég sok időnek kell elteltéig, ameddig a szerves farmakológia nagyobb sikereket érhet el. Azért van már néhány biztató példa. A fém-komplexek biokémiai hatásmechanizmusának tanulmányozása nemcsak arra szolgál, hogy a fémek kémiai állapotát gazdagítsuk, hanem arra is, hogy a biokémikusok mélyebben hatoljanak be az alapvető biológiai folyamatok megértésébe. Sokkal több biológiai kísérletnek kell alávetni a szóba jöhető komplex vegyületeket, mert a biológiai körülmények egészen mások, mint a kémiai laboratóriumi munka. A biológusok szerint a kémiai úton szintetizált kémiai komplexek már nem ugyanazok az élő szervezetben, midőn behatolnak a sejtekbe. Szép és izgalmas feladat a kölcsönös együttműködés a biológusok, orvosok és kémikusok között ebben a problémakörben.

IRODALOM

- [1] Siegel H: "*Metallons in Biological Systems*" Ed. Dekker, new York, 1979-1983, Vol. 1-16
- [2] Bertini J., Messori L., Viezzoli M. S., *Coord. Chem. Rev.*, 1992, **120**, 163
- [3] Williams R. J. P., *Coord. Chem. Rev.*, 1990, **100**, 573
- [4] Hall M. D., Hambley T. W., *Coord. Chem. Rev.*, 2002, **232**, 49
- [5] Guo Z., Sadler P. J., *Adv. In Inorg. Chem.*, 2000, **49**, 183
- [6] Balázs L.: "*A kémia története*", Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, I. Kötet, 1966
- [7] Cantos G., Barbuieri C. L., Iacomini M., Gorin P.A., Travassos L. A., *Biochem., J.*, 1993, **289**, 155
- [8] Sun H., Li H., Sadler P. J., *Coord. Chem. Rev.*, 1999, **185/186**, 689
- [9] Sadler P. J., Sun H., *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 1995, 1395
- [10] Sadler P. J., Sun H., Li H., *Chem. Eur. J.*, 1996, **2**, 1701
- [11] Li H., Sadler P. J., Sun H., *J. Biol. Chem.*, 1996, **271**, 9483
- [12] Diemer R., Dittes U., Nuber B., Seifried V., Opferkuch W., Keppler B. K., *Metal Based Drugs*, 1995, **2**, 271
- [13] Hollinger M. A., *Crit. Rev. Toxicol.*, 1996, **26**, 255
- [14] Golenser J., Tsafack A., Amichai Y., Libman J., Shanzer A., Cabantchick Z. I., *Antimicrob. Agent, Chemoter.*, 1995, **39**, 61
- [15] Albrechtgaty A. M., Libman J., Shanzer A., *Pure Appl. Chem.*, 1996, **68**, 1243
- [16] Inouye Y., Kanamor T., Yoshida T., Bu X., Shinoya M., Koike T., Kimura E., *Biol. Pharmacol Bull.*, 1996, **19**, 456
- [17] Nation D. A., Reibenspies J., Maitell A. E., *Inorg. Chem.*, 1966, **35**, 4597
- [18] Koike T., Inoue M., Kimura E., Shiro M., *J. Am. Soc.*, 1996, **118**, 3091
- [19] Sadler P. J., *Struct. Bond (Berlin)*, 1976, **29**, 171
- [20] Shaw G. F., *Inorg. Perspect Biol. Med.*, 1979, **2**, 287
- [21] Brown D. H., Smith W. E., *Chem. Soc. Rev.*, 1980, **9**, 217
- [22] Dash K. C., Schidbauer H.: "*Gold Complexes as Metallo-Drugs*", Vol. **14**, 179
- [23] Calamai P., Carotti S., Guerri A., Messori L., Mini E., Orioli P., Speroni G. P., *J. Inorg. Biochem.*, 1997, **66**, 103, idem *Anti-Cancer Drug Design*, 1998, **281**, 90
- [24] Noiagu J. O., : "*Copper in the Environment*", Part. I., *Helth Effects*, Ed. J. Willey, New York, 1979, p. 83
- [25] Petering H. G., Buskirk H. H., Crim J. A., *Cancer Res.*, 1967, **27**, 1115
- [26] Singh N. K., Singh N., Sodhi A., Shirvastava A., *Bioorg. Med. Chem*, 1997, **5**, 245
- [27] Ainscough E. W., Brodie A. M., Dobbs A. J., Ranford J. D., Waters J. M., *Inorg. Chim. Acta*, 1998, **267**, 27
- [28] Shechter Y., Karlsh S. J. D., *Nature*, 1980, **286**, 556
- [29] Dubyak G. R., Kleinzeller A., *J. Biol. Chem.*, 1980, **255**, 5306
- [30] Pratt M: "*Inorganic Chemistry of Vitamin B₁₂*" Academic Press, New York, 1971
- [31] Dolphin O. D.: "*B₁₂*", vol. I, II, Ed. J. Wiley, New York, 1982
- [32] Sioebert J. W., Schrauzer G. N., *J. Am. Soc.*, 1970, **92**, 1421
- [33] Schrauzer G. N., Lee L. P., *J. Am. Chem. Soc.*, 1970, **92**, 1621
- [34] Butler A., Carrano C. J., *Coord. Chem. Rev.*, 1991, **109**, 61
- [35] Wevez R., Kustin K., *Adv. In Inorg. Chem.*, 1990, 35, 81
- [36] Heyliger C. E., Tahiliani A. G. , McNeil J. H., *Science*, 1985, **227**, 1474
- [37] Shaver A., Ng J. B., Hall D. A., Sov Lum B., Posner P. J., *Inorg. Chem.*, 1993, **32**, 3109
- [38] McNeil J. H., Yuen V. G., Hoveyada H. R., Orvig C., *J. Med. Chem.*, 1992, **35**, 1489
- [39] Yuen V. G., Orvig C., McNeil J. H., *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 1995, **73**, 55
- [40] Sun Y., James B. R., Rettig S. J., Orvig C., *Inorg. Chem.*, 1996, **35**, 1667
- [41] Evans G. W., Pouchnik D. J., *J Inorg. Biochem.*, 1993, **49**, 177
- [42] Kingry K. F., Royer A. C., Vincent J. B., *J Inorg. Biochem.*, 1996, **72**, 79
- [43] Davis C. M., Vincent J. B., *Biochemistry*, 1997, **36**, 4382
- [44] Antryshkina A. S., Porai-Koshits M. A., Arkhangelskii I V., Diallo I N., *Zh. Neorg. Khim.*, 1987, **32**, 2928
- [45] Birch N J., Phillips J. D., *Adv. In Inorg. Chem.*, 1991, **36**, 49
- [46] Sadler P. J., *Adv. in Inorg. Chem.*, 1991, **36**, 1
- [47] Hoffman F. A., Pizzo P. A.: "*Modern Lithium Therapy in Depression and Mania*", Ed. F.N Jonson, IRL Press, Oxford, 1987
- [48] Birch N. J.: "*Lithium. Inorganic Pharmacology and Psychiatric Use*", IRL Press, Oxford, 1988