

TANULÓCSOPORTOK LEVEGŐSZENNYEZÉSSEL KAPCSOLATOS FOGALMAINAK VIZSGÁLATA SZÓASSZOCIÁCIÓS MÓDSZERREL

Kluknavszky Ágnes* és Tóth Zoltán**

**Debreceni Egyetem, Természettudományi Kar, Kémia Doktori Iskola,
Csokonai Vitéz Mihály Gimnázium*

***Debreceni Egyetem, Természettudományi Kar, Kémia Szakmódszertani Csoport*

A tanulók tudásának szerveződését, adott témakörhöz kapcsolódó fogalmainak rendszerét asszociációikon keresztül is feltérképezhetjük (*Shavelson, Ruiz-Primo és Wiley, 2005* idézi *Nakiboglu, 2008*). Egy adott témakörben a fogalmak kapcsolatát az egyes tanulók és tanulócsoporthoz esetében is vizsgálhatjuk a szóasszociációs módszerrel. Ez a – hazánkban még kevésbé elterjedt módszer – alkalmas a fogalomrendszer és változása felderítésére, valamint szemléletes megjelenítésére is.

Elméleti háttér

A képzetársítás jelenségét már az ókori görög filozófusok, *Platón* és *Arisztotelész* is ismerték (lásd pl. *Atkinson és Hilgard, 2005; Thorne és Henley, 2000*). *Platón* hasonlóságon, érintkezésen és ellentéteken alapuló képzetkapcsolatokról beszél. *Arisztotelész* szerint a dolgokat az asszociáció három alaptörvénye: a hasonlóság, az ellentét és az egybeesés (érintkezés) alapján hívjuk elő.

A képzetársítás gondolata évszázadok múltán a 18. századi angol filozófusok (*Atkinson és Hilgard, 2005; Thorne és Henley, 2000*) elméleteiben tűnik fel újra. *Locke* szerint a világból általunk érzékelt dolgok gondolatainkban véletlenszerűen kapcsolódnak egymáshoz. *Hume* a hasonlóságot, az időbeli vagy térbeli egyezést és az ok-okozati összefüggést tekintette az asszociáció alapjának. *Brown* és *Hartley* empirikus vizsgálatok alapján jutott (*Thorne és Henley, 2000*) arra a következtetésre, hogy a különböző ingerek által kiváltott asszociációk a való életünkben tapasztalt élenkségük és gyakoriságuk alapján fordulnak elő asszociációinkban, nem pedig tartalmi hasonlóságuk és összefüggésük alapján. A *Locke* „*tabula rasa*” elképzelésén alapuló asszociációs pszichológia hívei (pl. *James Mill* és *John Stuart Mill*) tagadták a velünk született képzetek és képességek létét. Szerintük képzeteink érzékelés útján kerülnek elménkbe, ahol a hasonlóság, ellentét vagy szomszédosság elve alapján kapcsolódnak össze. A *James Mill* által megfogalmazott úgynevezett érintkezés törvénye szerint az egyes érzetek összekapcsolódnak, a ta-

pasztalat által gondolatokká alakulnak, és egy-egy gondolat aktiválása láncszerűen hívja elő a következő gondolatot. Az intenzitás törvénye (*John Stuart Mill*) szerint minél intenzívebb egy érzet, gondolat, annál valószínűbb, hogy előhívja a hozzá kapcsolódó érzeteket.

A strukturalista *Wundt* a verbális gondolatársítást vizsgálta (*Atkinson és Hilgard, 2005; Thorne és Henley, 2000*). Megfigyelte, hogyan reagál kísérleti alanya a hívószóra, és milyen szót asszociál rá. Vizsgálatai során mérte – többek között – a reakcióidőt, és megállapította, hogy az ellentétben alapuló asszociációk a leggyorsabbak.

Az evolucionista *Galton* az asszociációkat kérdőívek segítségével, a pszichometria módszereivel vizsgálta elsősorban osztályozási céllal (*Atkinson és Hilgard, 2005; Thorne és Henley, 2000*). A szóasszociációkban két osztályt különített el, a szavak szótári jelentésén alapuló, illetve logikai kapcsolatuk alapján létrehozott csoportot. Szóasszociációs módszerét használta fel *Wundt, Freud és Jung* (*Thorne és Henley, 2000*).

A behaviorizmus követői elvetik a tartalomra épülő asszociációs törvényeket és a kapcsolatképzést az inger és válasz közötti közvetlen kontiguitással és a motivációs állapotra építő effektus-törvénnyel magyarázzák (*Atkinson és Hilgard, 2005; Thorne és Henley, 2000*).

A szabad asszociáció módszerét alkalmazta a pszichoanalízis és a pszichoterápia területén *Freud és Jung* (*Atkinson és Hilgard, 2005; Thorne és Henley, 2000; Jung, 1910*). Az ingerszavak által előhívott válasz-szavak tartalma és válaszideje alapján következtettek a szavak mögött rejlő indulati elemekre.

A szóasszociációs módszer pedagógiai alkalmazására a kognitív pszichológia kibontakozása teremtette meg az elméleti alapot. A képzetek és fogalmak többé-kevésbé összefüggő, állandóan változó relációs rendszerének, hálózatának feltételezésével jól értelmezhetővé vált – többek között – a tanulás, az ismeretek gazdagodása, az egyes fogalmak kapcsolatrendszere és felidézhetősége is (*Gagné, 1985* idézi *Korom, 1998*). Továbbra sem volt azonban egyértelmű az inger – válasz kapcsolat megítélése és a szóasszociációs teszt felvételének módja, eredményének értékelése.

Szükség van az asszociációs folyamatok vizsgálatára, nem egyedül a szavak jelentés-tani kapcsolatán keresztül kell logikai kapcsolatokat találni, bár *Deese* (1962) szerint nagy szerepe van a szavak jelentésének az asszociációk létrejöttében. Azt javasolja, hogy az egy ingerre adott válaszok eloszlását hasonlítsák össze azzal, hogy egy választ hányféle inger hív elő. A hívószavak kapcsolatát a rájuk adott közös válaszok alapján vizsgálta. Vizsgálatai során kísérletének résztvevői a hívószavakhoz egy listáról választhattak szerintük megfelelő válaszokat. Az egyes szavakhoz tartozó válaszokból táblázatot készített, majd egy „indexet” számolt az alapján, hogy ugyanazt választ hányféle ingerre kapta. Ezzel a kísérlettel sikerült igazolnia, hogy az asszociációk egy szorosan és jól szervezett hálózatot alkotnak, és bármilyen hívószó esetén létrejön ilyen hálózat.

Egyes kutatók (pl. *Cofer, 1958* idézi *Garskof és Houston, 1963; Deese, 1962; Bousfield, Whitmarsh és Denick, 1958* idézi *Garskof és Houston, 1963*) a hívószóra adható válaszok számát korlátozták, és ezzel elveszítették jó néhány egyéni jelentőséggel bíró választ, ami az egyének asszociációs listájának vége felé található. Ez a módszer kevésbé érzékeny, és mivel egy csoport vizsgálatán alapul a fogalmak kapcsolatának számítása, nem alkalmas az asszociációs rendszer egyéni különbségeinek bemutatására.

Garskof és *Houston* (1963) nem a válaszok számát, hanem a válaszadás idejét korlátozta, és az adott idő alatt született összes asszociációt figyelembe vette. Minden szó nál önmagát tekintették az első asszociációnak, és két fogalom kapcsolatának vizsgálatakor az asszociációk egybevágóságát és sorrendiségét is figyelembe vették. Így két fogalom kapcsolata akkor sem teljes, ha ugyanazokat a szavakat hívják elő, csak más sorrendben.

A szóasszociációs módszer pedagógiai alkalmazásával kapcsolatban *Stewart* (1979 idézi *Nakiboglu*, 2008) fogalmazott meg ellenvetéseket. Szerinte ez a módszer csak akkor használható, ha a kutató a fogalmak szemantikai közelsége iránt érdeklődik, a tudásszerkezet felderítésére alkalmatlan. Kritizálja azt a feltevést, hogy a hosszú távú memóriából előhívott válaszok sorrendje a hívófogalmakon belüli és hívófogalmak közötti struktúrát tükrözi. Több kutató (pl. *Nagy*, 1983 idézi *Nakiboglu*, 2008) azonban azt állítja, hogy az ilyen módon nyert kapcsolati háló nem ábrázolja rosszabbul a tudásszerkezetet, mint a kutatók által alkalmazott más módszerek.

A szóasszociáció módszerének alkalmazása a természettudományok oktatásában

Az oktatás fontos problémája annak megértése, hogyan szerveződik a tudás a tanulók gondolkodásában. Az asszociatív tanulás elmélete szerint a tanulás az ismeretek vagy azok elemei közötti kapcsolat létrehozásán alapszik, minden tanulási forma közös alapjelensége a kapcsolatképzés (lásd *Pukánszky* és *Németh*, 1999).

A szóasszociáció bőséges listáját adja olyan fogalmaknak, melyek a tanulók gondolkodásában megjelenhetnek. Ezeket a listákat *Deese* (1962) a vizsgált fogalmak asszociációs jelentésének nevezi. Ez az asszociációs jelentés elsősorban a tanulók tudásszerkezetének statikus megjelenítésére alkalmas (*Gussarsky* és *Grodetsky*, 1988 idézi *Nakiboglu*, 2008). Az egyes tanulók tudásstruktúráját a válaszaik alapján rajzolt gráffal ábrázolhatjuk, míg a tanulócsoportra jellemző tudásszerkezetet reprezentáló hálózatot a csoport tagjainak egyéni válaszaiból hozhatjuk létre.

A természettudományos oktatásban tevékenykedők számos célra használták a szóasszociációs tesztet (pl. a fogalmi rendszer gazdagságának vizsgálata, az előzetes tudás feltárása, a fogalmi rendszer oktatás hatására bekövetkező változásának követése, a fogalmi váltás kutatása).

Isa és *Maskill* (1982 idézi *Nakiboglu*, 2008) maláj és skót diákok alapvető természettudományos fogalmait tanulmányozták a segítségével. Kutatásuk eredményeként világossá vált, hogy a szóasszociációs teszt képes különbséget tenni a két minta között, a maláj gyerekek jóval több asszociációt produkáltak, mint a skót gyerekek, és válaszaik homogénebbek voltak.

Chachapuz és *Maskill* (1987 idézi *Nakiboglu*, 2008) alkalmazta a tesztet arra is, hogy adott témakör tanulása előtt és után felvett tesztek alapján a tanulás hatására bekövetkezett változásokat kimutassa. A reakciókinetika témakörében végzett vizsgálatukban megmutatták, hogy a tanulók rendelkeznek előzetes tudással ebben a viszonylag elvont témakörben is. A tanítási folyamat végén felvett teszt eredménye azonban sokkal komplexebb ismereteket mutatott, bizonyítva, hogy a tanítás hatással volt a tanulók fogalmi rendszerére.

Bahar, Johnstone és Sutcliffe (1999) egyetemi hallgatók elemi genetikai fogalmakkal kapcsolatos tudásszerkezetét vizsgálta szóasszociációs módszerrel. A tesztet egy genetikakurzus hallgatóival vették fel a kurzus végén. Megállapították, hogy ez a módszer jól alkalmazható a tanulók gondolkodásában meglévő fogalmak típusának és mennyiségének, valamint a köztük lévő kapcsolatoknak a felderítésére. Javasolják, hogy a tanárok végezzenek ilyen mérést egy-egy témakör tanulási folyamatának elején és végén. Az előméréssel tájékozódhatnak a tanulók előzetes tudásáról, az utómérés eredményét az előméréssel összehasonlítva láthatják a tanulás eredményét. A tanulókat is ösztönözhetik válaszaik összehasonlítására, ezzel megmutatva nekik, hogy a dolgok nem csak egyféle módon szemlélhetők, és ez az összehasonlítás párbeszédet indukálhat közöttük, mely fejlesztheti értelmi képességeiket is.

Cardellini és Bahar (2000 idézi *Nakiboglu*, 2008) elsőéves mérnökhallgatók általános kémiai fogalmainak rendszerét vizsgálták, és megállapították, hogy a szóasszociációs módszer alkalmas egyes tanulók és tanulócsoportok megszerzett tudásának követésére, és a tanulók hosszú távú memóriájában lévő fogalmak szemantikai hálózatának felderítésére.

Hovardas és Korfiatis (2006) a fogalmi váltás kutatása során alkalmazta a szóasszociációs tesztet. Eredményeik szerint a tanítás hatására megváltozhat az ugyanazon hívófogalmakhoz asszociált fogalmak minősége és száma is. A módszer előnye a könnyű adatgyűjtés és a torzításmentes alkalmazhatóság követéses vizsgálatokban, melyhez hozzájárul a módszertan látványossága.

Nakiboglu (2008) egy témakör (az atom szerkezete) tanítása előtt és után felvett szóasszociációs tesztek segítségével vizsgálta a tanulócsoport jellemző fogalmi struktúrájának megváltozását.

Kostova és Radoynovska (2008) tanulók és biológianárok élő sejttel és a biológiai sokféleséggel kapcsolatos asszociációit rendszerezte előre meghatározott kritériumok szerint. Az élő sejt témakörében összegyűjtött tapasztalataik alapján a tananyagra és a tankönyvek tartalmára vonatkozó következtetéseket fogalmaztak meg. A biológiai sokféleséggel kapcsolatos asszociációk alapján azt vizsgálták, hogyan hat a biológiaoktatás a globális környezeti problémákhoz való viszonyulás fejlődésére. Adataikat fogalmi hálók készítésére is felhasználták, ezek elemzése után javaslatokat fogalmaztak meg a tananyag és a tankönyvek tökéletesítésére.

A szóasszociációs tesztek értékelése

A szóasszociációs tesztek értékelése során egyrészt az egyes hívófogalmakhoz tartozó asszociációkat, másrészt a különböző hívófogalmak közötti kapcsolat erősségét vizsgálhatjuk. A hívófogalom és az asszociációk kapcsolatának erősségét egyének esetén az asszociáció felidézésének rangszámával (sorrendjével), csoportok esetén a kapcsolat gyakoriságával jellemezhetjük. A hívófogalmak közötti kapcsolat erősségét az úgynevezett kapcsolati állandóval (RC) adhatjuk meg, melynek számítására kétféle eljárás terjedt el. Mindkét eljárás a két hívófogalom által előhívott közös asszociációkat veszi figyelembe és azt, hogy ezek a közös asszociációk az egyes hívófogalmak asszociációs sorában hányadik helyen találhatók.

A Garskof-Houston-féle kapcsolati együttható (*Garskof és Houston, 1963*) számítását a vizsgálatunkból vett példán keresztül mutatjuk be (1. táblázat). Példánkban az ózon (A) és az ózonlyuk (B), valamint a szén-dioxid (A) és az üvegházhatás (B), mint hívófogalmakra kapott asszociációkat láthatjuk. Az előbbi hívófogalom-párosra azonos számú, az utóbbira különböző számú asszociációt kaptunk az egyik tanuló esetében. A kapcsolati együttható számításához először is meg kell állapítani az asszociációk rangszámát. Legmagasabb rangszámú a hívófogalom, majd ezek a számok egyesével csökkennek úgy, hogy a legutolsóként leírt válasz az 1-es rangszámot kapja. Ha az asszociációs sorok nem egyenlő hosszúak (példánkban a szén-dioxid – üvegházhatás hívófogalom-pár esetén), akkor a hosszabb sorszámozása után a rövidebb sor hívófogalma a hosszabb sor legnagyobb rangszámát kapja, innen egyesével csökkentve állapítjuk meg a többi rangszámot. (Természetesen itt nem jutnak el 1-ig.) Az első fogalmak egyenlő rangszámmal történő ellátása azon a megfontoláson alapul, hogy az első asszociáció egy rövidebb asszociációs sorban is ugyanolyan fontossággal bír, mint egy hosszabban. Az A és B fogalmak kapcsolatának erősségét közösen előforduló asszociációik rangszámából (\bar{A} és \bar{B}), és az összes asszociáció számából egy képlet (1. és 2. táblázat) alapján számoljuk ki. A kapcsolati együttható értéke 0 és 1 közé eshet, minél nagyobb, annál erősebb a két fogalom kapcsolata a vizsgált személy gondolkodásában. A minden résztvevőre külön kiszámított kapcsolati együtthatókból az egész csoportra vonatkozó átlagos együttható számítható ki minden egyes fogalompár esetén. A kapcsolati erősségeket felhasználva a hívófogalmak rendszere gráfon ábrázolható úgy, hogy a kapcsolatok erősségét a gráf éleinek vastagságával fejezzük ki. A kapcsolati együtthatót fokozatosan csökkentve a hívófogalmak rendszere láthatóvá válik.

1. táblázat. A kapcsolati együttható (RC) kiszámítása azonos számú asszociáció esetén

Asszociációk	Rang	Asszociációk	Rang
hívófogalom (A) ÓZON	8	hívófogalom (B) ÓZONLYUK	8
O ₃	7	ózon (O ₃)	7
rákkeltő	6	uv. sugarak	6
ózonpajzs	5	felmelegedés	5
uv. sugarak	4	freon-12	4
ózonlyuk	3	Déli-sark	3
freon-12	2	hajtógáz	2
szuperszonikus repülőgépek	1	hűtőfolyadék	1

$$RC = \frac{\bar{A} \cdot \bar{B}}{\sum n^2 - 1}$$

$$\bar{A} = [8 \ 4 \ 3 \ 2]$$

$$\bar{B} = [7 \ 6 \ 8 \ 4]$$

$$n = 8$$

$$RC = \frac{8 \cdot 7 + 4 \cdot 6 + 3 \cdot 8 + 2 \cdot 4}{8^2 + 7^2 + 6^2 + 5^2 + 4^2 + 3^2 + 2^2} = 0,55$$

Garskof és Houston (1963) az általuk javasolt kapcsolati együttható megbízhatóságának ellenőrzésére végzett egyik kísérletében a résztvevőket arra kérte, hogy 8–8 erősen, közepes erősséggel és igen kevésbé kapcsolódó fogalompár kapcsolati erősségét egy szakaszon jelöljék meg, melynek egyik végpontját 0, másikat 1 egységként adták meg. A 0 az egymáshoz egyáltalán nem kapcsolódó fogalmak, az 1 a teljesen megegyező jelentésű fogalmak jelölésére szolgált. A jelölések helyét egy lineáris skálán számszerűsített-

ték. Ugyanezen 24 szópár 48 szavával, az előbbi kísérlet résztvevőivel felvették a szó-asszociációs tesztet is. A kétféle módszer esetén kapott együtthatókat összevetették, és megállapították, hogy köztük erős a korreláció ($r=0,94$, $p<0,01$). A megbízhatóságot az első teszt megismétlésével is ellenőrizték. Az első tesztben résztvevők közül 20 személylyel a már vizsgált fogalmakat felhasználva ismét felvették a szóasszociációs tesztet, melynek eredménye az első alkalommal felvett tesztével erős korrelációt mutatott. Ennek alapján megállapították, hogy az általuk javasolt módon számított kapcsolati együttható megbízható mérték a fogalmak kapcsolati erősségének kifejezésére.

2. táblázat. A kapcsolati együttható (RC) kiszámítása különböző számú asszociáció esetén

Asszociációk	Rang	Asszociációk	Rang
hívófogalom (A) SZÉN-DIOXID	9	hívófogalom (B) ÜVEGHÁZHATÁS	9
CO ₂	8	szén-dioxid	8
kipufogógáz	7	a Föld természetes hőháztartása	7
gyárak füstje	6	felmelegedés	6
mérgező	5		
tökéletes égés	4		
borospince	3		
lángot eloltja	2		

$\bar{A} = [9 \ 1]$
 $\bar{B} = [8 \ 9]$
 $n = 9$

$$RC = \frac{9 \cdot 8 + 1 \cdot 9}{9^2 + 8^2 + 7^2 + 6^2 + 5^2 + 4^2 + 3^2 + 2^2} = 0,29$$

White és Gunstone (1992 idézi Cardellini, 2008) a kapcsolati együttható kiszámítása során a legutolsó asszociációtól kezdve látta el rangszámmal az asszociált fogalmakat, majd Garskof és Houston képletét alkalmazta. Az így kapott kapcsolati együttható értéke kisebb az eredeti módszerrel kapottnál, különösen akkor, ha a két hívó fogalom asszociációs sorának hossza jelentősen eltér egymástól. Cardellini (2008) ezért azt javasolja, hogy a módszer használatakor a Garskof és Houston által alkalmazott rangszámozást alkalmazzuk.

Empirikus vizsgálatok

A kutatás célja, kutatási kérdések

Egy környezeti kémiával kapcsolatos kutatási programunk részeként kipróbáltuk a Magyarországon még keveset használt szóasszociációs tesztet különböző korú tanulók levegőszennyezéssel kapcsolatos fogalmi rendszerének vizsgálatában. A kutatás során a következő kérdésekre kerestünk választ:

- 1) Alkalmas-e a szóasszociációs módszer a 7–10. évfolyamos tanulók fogalmi rendszerének vizsgálatára?

- 2) Kimutathatók-e a szóasszociációs módszerrel a témakörhöz tartozó, a nemzetközi szakirodalomban már többször leírt tanulói tévképzetek?
- 3) Hogyan jelenik meg a szóasszociációs módszerrel feltárt fogalmi struktúrában a kémiai ismeretek gyarapodása, a kémiatanítás hatása?

A vizsgálat körülményei

2008 tavaszán általános- és középiskolás tanulók savas esővel, üvegházhatással és ózonréteg elvékonyodásával kapcsolatos fogalmait szóasszociációs módszerrel vizsgáltuk. Iskolai tapasztalataink szerint ezek a levegőszennyezés következményeként kialakuló környezeti problémák élénken foglalkoztatják a gyerekeket, és az ezekhez kapcsolódó ismeretekkel nemcsak iskolai tanulmányaik során, hanem a mindennapokban, elsősorban a médiában találkozhatnak a tanulók.

A levegőszennyezés témájával kémiatanulmányaik kezdetén, hetedik évfolyamon foglalkoznak először a tanulók. Megismerkednek a savas eső, az üvegházhatás és az ózonréteg elvékonyodásának problémájával, kiváltó okaival és következményeivel, valamint azokkal a lehetőségekkel, melyeket a levegő tisztaságának megőrzése érdekében egyénileg és közösen tehetünk. Nyolcadikban a szerves kémia tanuláskor ismét tanulnak az egyes légszennyező gázok környezeti hatásairól. Kilencedik évfolyamon földrajzból a légkör témakörében tananyag a levegőszennyezés is, a hetedikben már ismertett szempontok alapján. Tizedik osztályban pedig a halogéntartalmú szénhidrogének tanuláskor újra hallanak azok ózonréteget károsító hatásáról.

Mintánkat 40–40 hetedik és nyolcadik évfolyamos általános iskolás, 29 kilencedikes és 28 tizedikes gimnazista alkotta. Részmintáink nem voltak homogének, sem reprezentatívak, célunk elsősorban a szóasszociációs módszer kipróbálása volt.

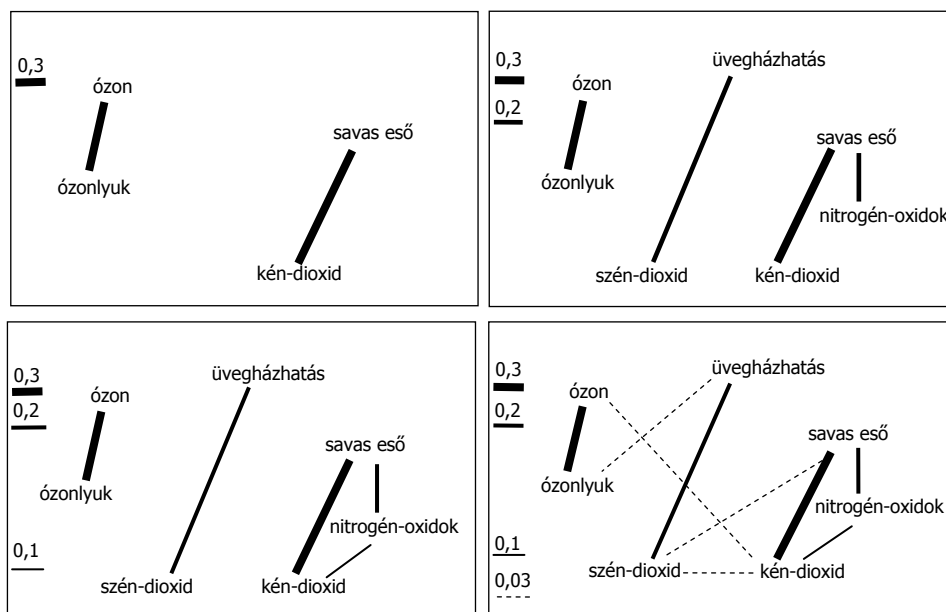
A tesztben a tanulóknak hét hívó fogalomra kellett asszociálniuk. Ezek a következők voltak: savas eső, szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén-oxidok, ózon, ózonlyuk, üvegházhatás. Minden fogalom alá egy percig írhatták a diákok az eszükbe jutó újabb fogalmakat. A teszt megíratását minden esetben az osztályt tanító kémiatanár végezte.

Az eredmények értékelése

A válaszok elemzéséhez, az egyes fogalmak kapcsolati erősségének meghatározásához minden fogalompár esetén tanulónként kiszámítottuk a Garskof-Houston-féle kapcsolati együtthatót, majd ezek átlagát (5. melléklet). Az így kapott átlagok felhasználásával ábrázoltuk a tanulócsoportok évfolyamonkénti fogalmi hálóját. Ezek a hálók nem azonosak a fogalmi térképpel, bennük a fogalmak közötti asszociációs kapcsolatokat, és azok erősségét ábrázoltuk, de nem ismert, hogyan értelmezik a tanulók az asszociált fogalmak kapcsolatát, a vonalak jelentéséről tehát nincs információnk. A gráfokban a vonalak vastagsága kifejezi a fogalmak kapcsolatának erősségét. A kapcsolati állandókat úgy csökkentettük, hogy minden esetben újabb összeköttetés megrajzolására legyen lehetőség. A kutatásokban (Bahar, 1999; Cardellini, 2008; Nakiboglu, 2008) 0,05-onként csökkentik a kapcsolati állandó értékét. Ez a mi vizsgálatunkban sokszor nem okozott volna változást a gráfban, ezért néhány esetben a 0,05 többszöröseivel csökkentettük a

kapcsolati együttható értékét, a legkisebb ábrázolt értékét pedig 0,03-ra állítottuk be, mert ennél az értéknél minden évfolyamon összekapcsolódnak a hívófogalmak. A gráfok összehasonlításakor évfolyamonként vizsgáltuk, hogy a kapcsolati együttható folyamatos csökkentésével hány hívófogalom jelenik meg a gráfban, és ezek hogyan kapcsolódnak, mennyire szigetelődnek el egymástól. Az évfolyamok összehasonlításakor szintén folyamatosan csökkentettük a kapcsolati együtthatót, és megvizsgáltuk, melyik évfolyamon mely hívófogalmak kapcsolata jelenik meg a gráfban. A szokásos ábrázolási módot a 10. évfolyam példáján keresztül mutatjuk be (1. ábra), a többi évfolyam esetén az összesített gráfot közöljük (2. ábra).

A gráfon 0,3-es szakításponttal (a kapcsolati együtthatók 0,3-nél nem kisebbek, de 0,35-nál kisebbek) négy hívófogalom jelenik meg. Ezek páronként elszigetelődnek egymástól. A kapcsolati együtthatót 0,2-re csökkentve minden hívófogalom megjelenik, de még mindig három elszigetelt csoportba rendeződve. 0,1-re csökkentve a kapcsolati együtthatót megmarad a három csoportra különülés, és megjelenik egy újabb kapcsolat a savas eső fogalomkörében. 0,03-os kapcsolati erősségnél az eddig különálló csoportok összefüggése láthatóvá válik.



1. ábra

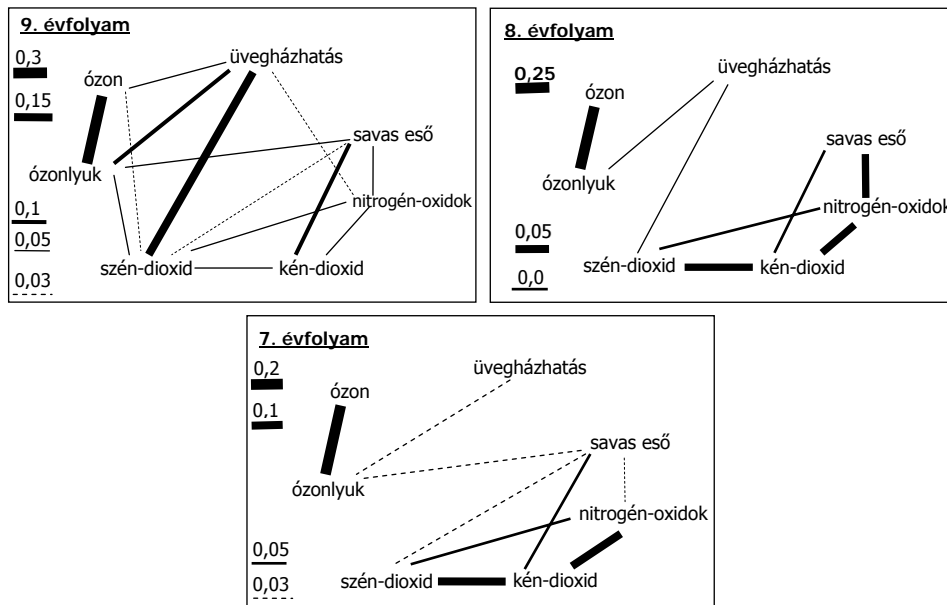
A 10. osztályosok hívófogalmainak szerkezete a kapcsolati együtthatók fokozatos csökkentésével (a kapcsolati együtthatók az ábra bal oldalán láthatók)

A legerősebben kapcsolódó fogalmak 0,3-es szakításponttal jellemezhetők. A hetedik és nyolcadik osztályosok fogalmi hálójában nincs ennyire erős összefüggéssel jellemez-

hető kapcsolatot. A kilencedikeseknél az ózon – ózonlyuk, a tizedikeseknél ezen kívül a savas eső – kén-dioxid fogalompár is megjelenik ennél a szakításpontnál.

A kapcsolati együttthatót csökkentve, 0,2 szakításponttal a hetedik és nyolcadikosok körében is az ózon–ózonlyuk kapcsolat válik ábrázolhatóvá, a kilencedikeseknél nincs új ábrázolható kapcsolat. A tizedik osztályosoknál azonban két új fogalompár is megjelenik a fogalmi hálóban, a szén-dioxid – üvegházhatás és a savas eső – nitrogén-oxidok.

A szakításpontot 0,1-re csökkentve csak a nyolcadikosoknál nincs új kapcsolat, a hetedikeseknél az oxidok (szén-dioxid – kén-dioxid – nitrogén-oxidok), a kilencedikeseknél a szén-dioxid – üvegházhatás, ózonlyuk – üvegházhatás, savas eső – kén-dioxid, a tizedikeseknél a nitrogén-oxidok – kén-dioxid kapcsolat ábrázolható.



2. ábra

A 7-9. évfolyamosok fogalmi hálója (az élek vastagsága kifejezi a fogalmak kapcsolódásának erősségét, a kapcsolati együttthatók az ábra bal oldalán láthatók)

0,05-os szakításponttal a tizedikesek kivételével minden évfolyamon több kapcsolat is láthatóvá válik, a hetedik osztályosoknál a savas eső – kén-dioxid és a nitrogén-oxidok – szén-dioxid, a nyolcadikosoknál a savas eső – nitrogén-oxidok, nitrogén-oxidok – kén-dioxid, kén-dioxid – szén-dioxid, a kilencedikeseknél az ózon – üvegházhatás, ózonlyuk – savas eső, savas eső – nitrogén-oxidok, szén-dioxid – kén-dioxid – nitrogén-oxidok, ózonlyuk – szén-dioxid kapcsolat.

Az ábrázolt leggyengébb kapcsolat 0,03 szakításpontú, itt érhető el, hogy minden évfolyamon megszűnjön a hívó fogalmak elszigeteltsége. A hetedikeseknél ezen a szinten kapcsolódik a fogalmi hálóba az üvegházhatás, mégpedig az ózonlyuk fogalmán keresz-

tül. Az ózonlyuk – savas eső, szén-dioxid – savas eső, nitrogén-oxidok – savas eső kapcsolat is ábrázolhatóvá válik. A nyolcadikosok esetén szintén ilyen szakításponttal kapcsolódik az üvegházhatás az ózonlyuk és szén-dioxid fogalmakon keresztül a hálóba. Ezen kívül a szén-dioxid – nitrogén-oxidok kapcsolat válik láthatóvá. A kilencedikeseknél három újabb kapcsolat, az ózon – szén-dioxid, szén-dioxid – savas eső, üvegházhatás – nitrogén-oxidok jelenik meg. A tizedikeseknél az üvegházhatás – ózonlyuk, ózon – kén-dioxid, kén-dioxid – szén-dioxid, szén-dioxid – savas eső kapcsolat ábrázolható.

Megfigyelhetjük, hogy az életkor előrehaladtával a fogalmi rendszer egyre gazdagodik, és minőségileg is egyre jobb lesz. A legbonyolultabb a fogalmi háló a kilencedik évfolyamon, majd tizedikre egy letisztulási folyamat következik be. A gráfok alapján sejtethető, hogy a vizsgált tanulócsoportok mindegyikében jelen van a szakirodalomból már ismert tévképzet, mely szerint az ózonlyukon keresztül több energia érkezik a Földre, ez okozza az üvegházhatást. Legerősebben a kilencedikesek körében van jelen ez a tévképzet, ezen az évfolyamon 0,1 szakításponttal ábrázolható az üvegházhatás – ózonlyuk kapcsolat. A másik három évfolyamon csak 0,03 szakításpontú e két fogalom kapcsolata. Míg a tankönyvekben leggyakrabban említett szén-dioxid – üvegházhatás kapcsolat a hetedikesek fogalmi hálójában még nem látható, a nyolcadikosoknál 0,03-os, kilencedikeseknél 0,15-os, a tizedikeseknél 0,2-es szakításponttal ábrázolható. Az általános iskolásoknál az üvegházhatás az utolsó, 0,03 szakításponttal jellemezhető szinten kapcsolódik be a fogalmi hálóba, ebből arra következtethetünk, hogy ez a fogalom a legnehezebben érthető a számukra. Minden évfolyamon legerősebb az ózon – ózonlyuk fogalmak kapcsolata. Ez a szavak hasonlósága miatt is lehetséges.

Ezek a gráfok kifejezik a hívófogalmak kapcsolatának erősségét, de nem mutatják meg, mely asszociált fogalmakon keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Ennek ábrázolására az asszociált fogalmak relatív gyakoriságát használtuk, és szintén évfolyamonként készítettünk hozzá hálózatokat. (A relatív gyakoriságot évfolyamonként minden hívófogalom esetén kiszámítottuk. A számítás során az egyes asszociált fogalmat leíró tanulók számát osztottuk a csoport létszámával.) A legerősebb kapcsolat 40%-os asszociációs relatív gyakoriságot jelent, ezt 5%-onként csökkentettük. Ahol ez nem okozott változást a gráfban, ott újabb 5%-kal csökkentettük az említések relatív gyakoriságát (1. melléklet). Azonos elemszámú minták esetén elegendő a különböző asszociációk említési gyakorisága. Jelen esetben azonban a részminták (évfolyamok) elemszáma különbözött, ezért az összehasonlíthatóság érdekében az egyes asszociált fogalmak relatív gyakoriságát használtuk fel az újabb gráfok elkészítése során. A szokásos ábrázolási módot ismét a 10. évfolyam példáján mutatjuk be, a többi évfolyam adatait összevont gráfokon közöljük (2–4. melléklet).

A tizedik osztályosoknál 40%-os említési relatív gyakoriságnál minden hívófogalomhoz kapcsolódnak asszociált fogalmak. Megfigyelhető, hogy a kén-dioxidról közvetlenül asszociáltak a tanulók a savas esőre és vizszont, illetve ugyanez történt a szén-dioxid és az üvegházhatás esetében is. A gráfon ezt az élek megduplázásával és irányításával fejeztük ki. Az említések relatív gyakoriságát csökkentve a fogalomrendszer egyre gazdagodik, különösen a szén-dioxid és az ózon – ózonlyuk fogalomkörében. Az ózon és ózonlyuk fogalmak szinte egységesen ugyanazokat a fogalmakat hívják elő. Az egyes

gyakorisági szintek között ezen az évfolyamon néhány különbséget találunk az asszociált fogalmak körében, ezek egyre több hívó fogalomhoz kapcsolódnak a hálózatban.

A kilencedikesek fogalmi hálóját jellemzi, hogy az ózonlyuk és üvegházhatás a felmelegedés fogalmán keresztül igen magas, 40%-os említési relatív gyakorisággal kapcsolódik egymáshoz. Ez az előbb bemutatott, Garskof-Houston-féle kapcsolati együttthatók alapján készített gráfoknak megfelelően a legerősebb kapcsolat az ózonlyuk és az üvegházhatás között. Ezen az évfolyamon történik meg először, hogy a tanulók egyik hívó fogalomról közvetlenül a másikra asszociálnak (szén-dioxid – üvegházhatás, 30% relatív gyakoriság). A szakirodalomból ismert (*Leighton és Bisanz, 2003*), hogy a gyerekek nem különböztetik meg a napsugárzás különböző hullámhosszúságú összetevőit. Ezen az évfolyamon az ózonhoz általában sugárzást, míg az ózonlyukhoz ultraibolya sugárzást asszociáltak.

A nyolcadikosok fogalmi hálója a kilencedikesekétől lazább, de a hívófogalmak mindegyike összekapcsolódik az ábrázolt relatív gyakorisági szinten. Már ezen az évfolyamon 30%-os említési relatív gyakorisággal kapcsolódik az ultraibolya sugárzás az ózonhoz, és az üvegházhatás szintén a felmelegedésen át kapcsolódik az ózonlyuk fogalmához, de a felmelegedés – ózonlyuk kapcsolat sokkal gyengébb, mint a tizedikeseknél.

A hetedikesek fogalmi hálójában az üvegházhatás fogalma elkülönül a többi hívófogalomtól, és csak gyenge, 15%-os említési relatív gyakorisággal kapcsolódik hozzá az üvegház és a meleg fogalma. Az ultraibolya sugárzás még nem szerepel, csak általában sugárzást asszociáltak a tanulók az ózon fogalmához.

A nitrogén-oxidok fogalmához egyre több asszociáció kapcsolódik az életkor előrehaladtával (a kémiai ismeretek gyarapodásával). A savas eső fogalmával csak a kilencedikesek és a tizedikesek kapcsolták össze, és egyik évfolyamon sem említik a Los-Angeles-i típusú szmog egyik okaként. A hetedikesek kivételével minden évfolyamon a nitro (dinitrogén-oxid, amit többek között üzemanyagok adalékaként használnak) fogalma kapcsolódik hozzá. Csak a tizedikesek fogalmi hálójában találunk utalást a keletkezésükre, a villámásra asszociáltak fogalmukról, de minden évfolyamon szerepel, hogy káros, illetve mérgező anyagok. A kén-dioxid a kilencedik és tizedik osztályosok fogalmi hálójában kapcsolódik közvetlenül a savas eső fogalmához. Minden évfolyam tanulói hozzá kapcsolják a kén égését, és a nyolcadikosok kivételével minden évfolyam környezetre károsnak, a nyolcadikosok az élő szervezetre károsnak tartják. A savas eső fogalmához egyenesen sok asszociáció kapcsolódik minden évfolyamon. Általában a környezetszennyezést jelölik meg forrásaként a tanulók, a kén-dioxid kilencedikben, a kén-dioxid és a nitrogén-oxidok tizedikben kapcsolódnak hozzá. Káros hatásai, a növények és épületek pusztulása már a hetedikesek között is jól ismertek. A szén-dioxid fogalmánál figyelhető meg leginkább az asszociált fogalmak számának növekedése az életkor előrehaladtával. Kilencedik és tizedik osztályban már a biológiaórákon tanult ismeretek is megjelennek a fogalmi hálóban a szén-dioxid fogalomkörében (fotoszintézis, légzés). A savas esőhöz csak áttételesen kapcsolódik a szén-dioxid (a Garskof-Houston módszerrel készített fogalmi hálóban csak 0,03 szakításponttal, illetve a nyolcadikosoknál egyáltalán nem), bár a csapadék természetes savas kémhatását ez a gáz okozza. A hétközna-

pi élet hatásaként a nyolcadikosoknál legerősebben az ásványvíz fogalma kapcsolódik a szén-dioxidhoz.

Az évfolyamokat összehasonlítva megfigyelhetjük, hogy 40%-os említési relatív gyakoriságnál a hetedikesek fogalmi hálójában még csak egy hívófogalom található, a nyolcadikosokéban már hat, a kilencedikesekében öt, a tizedikesekében pedig mind a hét megjelenik. Minden évfolyam fogalmi hálójára erős hatással van az aktuálisan tanult kémia tananyag. Hetedikben, az általános kémia alapfogalmainak megismerésekor a kén-dioxidhoz kapcsolódik a vegyület fogalma. Nyolcadikban, amikor a szerves kémia témakörében tanulnak a gyerekek az ózonnól, megjelenik a talajközeli ózon, amiről azt is tudják, hogy káros. A szén-dioxid ugyan nem kapcsolódik az üvegházhatáshoz, de a tudásszerkezet ábrázolt tartományába az üvegházhatás előnyeként bekerül az üvegházhatás szerepe a földi átlaghőmérséklet biztosításában, mint az élet feltétele. Ettől az évfolyamtól kezdve asszociálják az anyagok nevéhez a képletüket, ami szintén a szerves kémia tanulásával függ össze, ugyanis ekkor kezd tudatossá válni az anyagok nevének képlettel történő rövidítése és a kémiai folyamatok egyenlettel történő leírása. Tizedik osztályban, a szerves kémia tanulásakor került bele a fogalmi hálóba a freon, mindjárt igen erős kapcsolattal az ózonlyuk és az ózon fogalmához.

Következtetések

Vizsgálatunk alapján megállapíthatjuk, hogy a szóasszociációs módszer alkalmas az egyes tanulók és tanulócsoportok tudásszerkezetének feltérképezésére. A felmérés lebonyolítása gyors, a teszt megírása az előzetes megbeszéléssel együtt sem vett igénybe tíz percnél többet. Az eredmények értékelése nem bonyolult, megjelenítése rendkívül látványos. A kapott fogalmi háló alapján tervezhető a tanulók további fejlesztésének iránya. Ha egy-egy témakör elején és végén is elvégzünk egy ilyen felmérést, a gráfok segítségével láthatóvá tehetjük a tanulók gondolkodásának fejlődését. A módszer alkalmas különböző tanulócsoportok tudásszerkezetének összehasonlítására is. Az életkor – és kémiai tanulmányaik – előrehaladtával a vizsgálatban részt vevő tanulók egyre több, és minőségileg egyre jobb asszociációt írtak a hívó fogalmakhoz, valamint egyre erősebb lett a hívófogalmak kapcsolata a tanulók fogalmi hálójában. Megfigyeltük, hogy az aktuális tananyag élénkebben jelentkezik a tanulók gondolkodásában. A szakmailag nem releváns fogalmi kapcsolatok megjelenése azt jelzi, hogy ezzel a módszerrel is felszínre lehet hozni a tanulók témakörhöz kapcsolódó tévképzeteit.

Összefoglalás

A pszichológusok által megalkotott, és régóta alkalmazott asszociációs teszteket a természettudományos oktatás kutatásával foglalkozó szakemberek sikeresen alkalmazzák tanulók és tanulócsoportok természettudományos fogalmainak feltérképezésére, működésbeli kapcsolatainak meghatározására.

A *Garskof* és *Houston* módszerével készített szóasszociációs teszt bepillantást nyújt a vizsgálatban résztvevők gondolkodásába. Feltárja, milyen fogalmakon keresztül épül fel tudásuk egy adott témakörben. A teszt hívófogalmaira kapott asszociációk átfedéséből kiszámíthatjuk a fogalmak kapcsolódásának erősségét kifejező kapcsolati együtthatót, melynek segítségével gráfokon ábrázolhatjuk a tanulócsoportokra jellemző tudásszerkezetet. Az asszociált fogalmak gyakoriságának figyelembevételével rajzolt gráfok nemcsak a teszt hívófogalmainak kapcsolati erősségét fejezik ki, hanem azt is láthatóvá teszik, mely asszociált fogalmakon keresztül kapcsolódnak egymáshoz.

Jelen tanulmányunkban 7. és 8. osztályos általános iskolás, illetve 9. és 10. osztályos gimnáziumi tanulók levegőszennyezéssel kapcsolatos fogalmait vizsgáló tesztünket, továbbá annak értékelését mutattuk be. A hívófogalmakra kapott asszociációkból egyenként, majd évfolyamonként kiszámítottuk a kapcsolati együtthatókat minden hívófogalom-pár esetén. Az ezek alapján rajzolt gráfok felhasználásával vizsgáltuk az egyes évfolyamok tudásszerkezetét, és összehasonlítottuk a különböző évfolyamokat. Megállapítottuk, hogy az aktuális tananyag élénkebben jelent meg a tanulók fogalmi hálójában, és az életkor előrehaladtával egyre több, és a tudományos ismereteknek egyre inkább megfelelő válaszszavakat asszociáltak. A hívófogalmak kapcsolata is egyre erősebb lett az életkor előrehaladtával. A természettudományos elképzeléseknek nem megfelelő asszociációk segítségével a tanulók e témakörben meglévő tévképzeteit hoztuk felszínre. A szóasszociációs tesztet alkalmasnak találtuk különböző tanulócsoportok tudásszerkezetének összehasonlítására, a fogalmi fejlődés kimutatására.

A kutatást az OTKA (T-049379) támogatta.

Irodalom

- Atkinson, R. C. és Hilgard, E. R. (2005): *Pszichológia*. Osiris kiadó, Budapest.
- Bahar, M., Johnstone, A. H. és Sutcliffe, R. G. (1999): Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, **33**. 3. sz. 134–141.
- Bousfield, W., Whitmarsh, G. A. és Denick, J. J. (1958): Partial response identities in verbal generalization. *Psychological Reports*, **4**. 703–713.
- Cardellini, L. (2008): A note on the calculation of the Garskof-Houston relatedness coefficient. *Journal of Science Education*, **9**. 1. sz. 48–51.
- Cardellini, L. és Bahar, M. (2000): Monitoring the learning of chemistry through word association tests. *Australian Chemistry Resource Book*, **19**. 59–69.
- Chachapuz, A. F. C. és Maskill, R. (1987): Detecting changes with learning in the organization of knowledge: use of word association test to follow the learning of collision theory. *International Journal of Science Education*, **9**. 491–504.
- Cofer, C. N. (1958): Comparison of word associations obtained by the methods of discrete single word and continued association. *Psychological Reports*, **4**. 507–510.
- Deese, J. (1962): On the structure of associative meaning. *Psychological Review*, **69**. 3. sz. 161–175.

- Gagné, E. D. (1985): *The cognitive psychology of school learning*. Little, Brown and Company, Boston.
- Garskof, B. E. és Houston, J. P. (1963): Measurement of verbal relatedness: An idiographic approach. *Psychological Review*, **70**. 3. sz. 277–288.
- Gussarsky, E. és Grodetsky, M. (1988): On the chemical equilibrium concept: constrained word association. *Journal of Research in Science Teaching*, **25**. 319–333.
- Hovardas, T. és Korfiatis, K. J. (2006): Word associations as a tool for assessing conceptual change in science education. *Journal of Learning and Instruction*, **16**. 416–432.
- Isa, A. M. és Maskill, R. (1982): A comparison of science word meaning in the classrooms of two different countries: Scottish integrated science in Scotland and in Malaysia. *British Journal of Educational Psychology*, **52**. 188–198.
- Jung, C. G. (1910): The association method. *American Journal of Psychology*, **31**. 219–269.
- Korom Erzsébet (1998): *Az iskolai tudás és a hétköznapi tapasztalat ellentmondásai: természettudományos tévképzetek*. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris kiadó, Budapest. 139–167.
- Kostova, Z. és Radoynovska, B. (2008): Word association test for studying conceptual structures of teachers and students. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, **2**. 2. sz. 209–231.
- Leighton, J. P. és Bisanz, G. L. (2003): Children's and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion. *International Journal of Science Education*, **25**. 1. sz. 117–139.
- Nagy, P. (1983): Assessing cognitive structure: a response to Stewart. *Science Education*, **67**. 25–36.
- Nakiboglu, C. (2008): Using word associations for assessing non major science students' knowledge structure before and after general chemistry instruction: the case of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, **9**. 309–322.
- Pukánszky Béla és Németh András (1999): *Neveléstörténet*. <http://magyar-irodalom.elte.hu/nevelestortenet/08.04.html> Letöltés ideje: 2009. 11. 06.
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A. és Wiley, E. W. (2005): Windows into the mind. *Higher Education*, **49**. 413–430.
- Stewart, J. (1979): Content and cognitive structure: critique of assessment and representation techniques used by science education researchers. *Science Education*, **63**. 395–405.
- Thorne, B. M. és Henley T. B. (2000): *A pszichológia története. Kapcsolatok és összefüggések*. Glória Kiadó, Budapest.
- White, R. és Gunstone, R. (1992): *Probing understanding*. The Falmer Press, London.

ABSTRACT

ÁGNES KLUKNAVSZKY AND ZOLTÁN TÓTH: USING THE WORD ASSOCIATION METHOD TO STUDY STUDENTS' CONCEPTS RELATED TO AIR POLLUTION

Researchers of methods regarding how to teach science subjects successfully use word association tests, developed and usually used by psychologists, to map students' knowledge about scientific concepts and to find functional connections between these concepts.

The word association test developed by *Garskof* and *Houston* gives an insight to the subjects' thinking. It reveals what concepts comprise their knowledge of a certain topic. The section of the responses to the test's stimulus words is the basis for calculating the relatedness coefficient, which shows the strength of their connection. With this value a graph can be constructed, revealing the knowledge structure of the group of students examined. By including the frequency of the associated concepts, the graphs represent the strength of the connection which the stimulus concepts elicit and, furthermore, they reveal the routes of associated concepts through which the stimulus concepts are connected to each other.

In this survey, the *Garskof* and *Houston* word association test was administered to children in the seventh and eighth grades of primary school, and to students in the ninth and tenth grades of secondary academic school, in order to examine their knowledge about air pollution. This paper presents the results of this research. The word association test was found to be an appropriate instrument to compare the knowledge structure of student groups and to trace conceptual development.

Magyar Pedagógia, **109**. Number 4. 321–342. (2009)

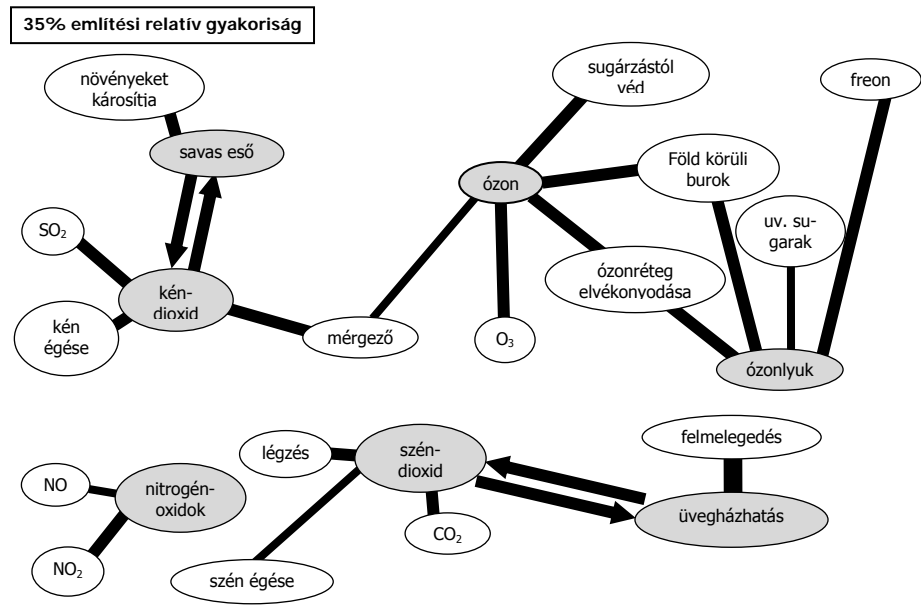
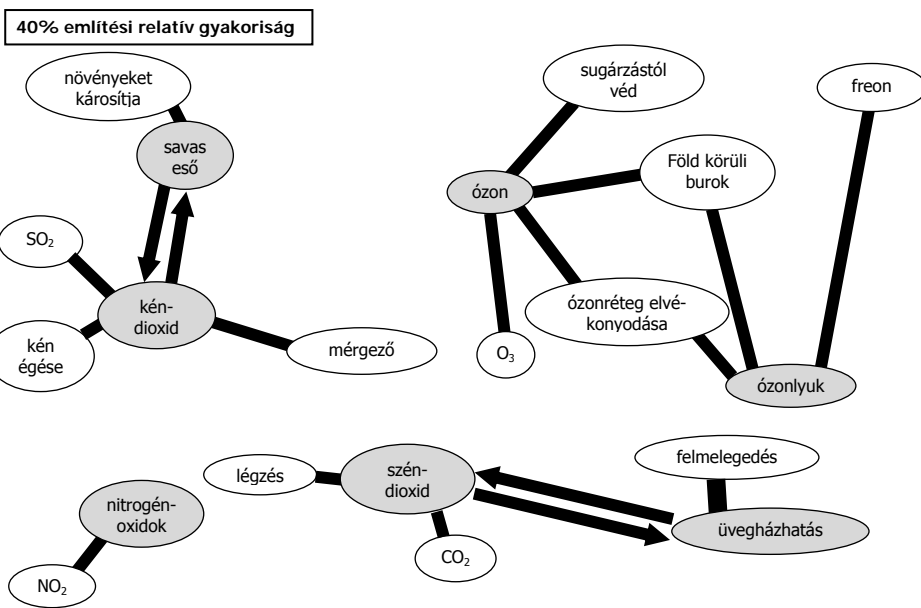
Levelezési cím / Address for correspondence:

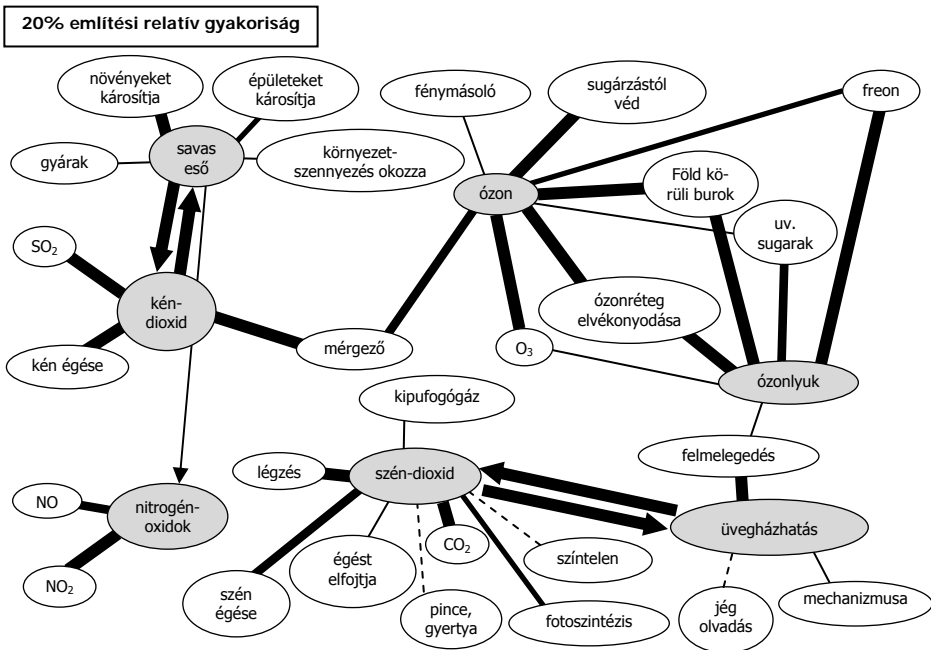
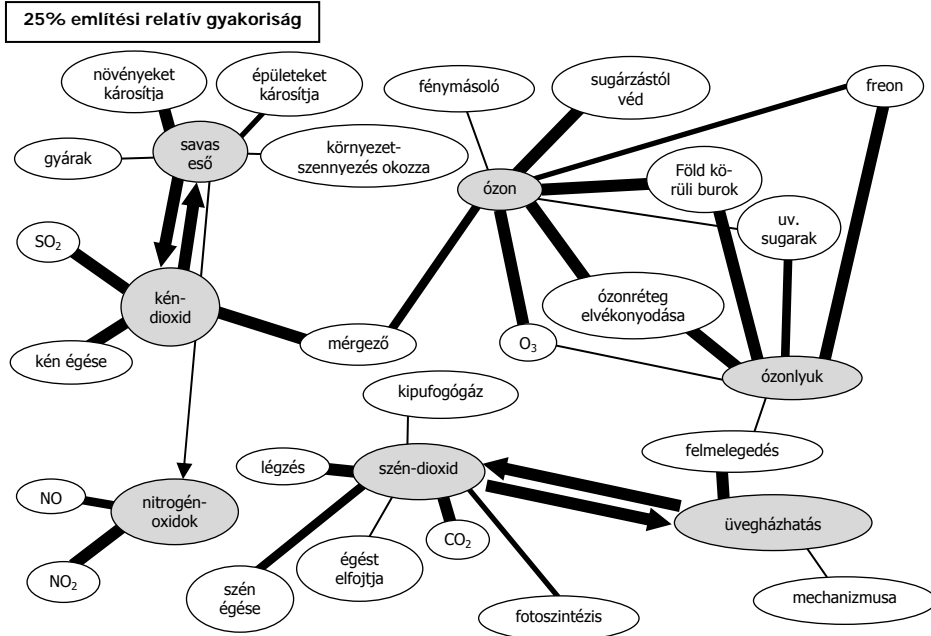
Kluknavszky Ágnes, Csokonai Vitéz Mihály Gimnázium, H-4032 Debrecen, Békessy Béla utca 12.

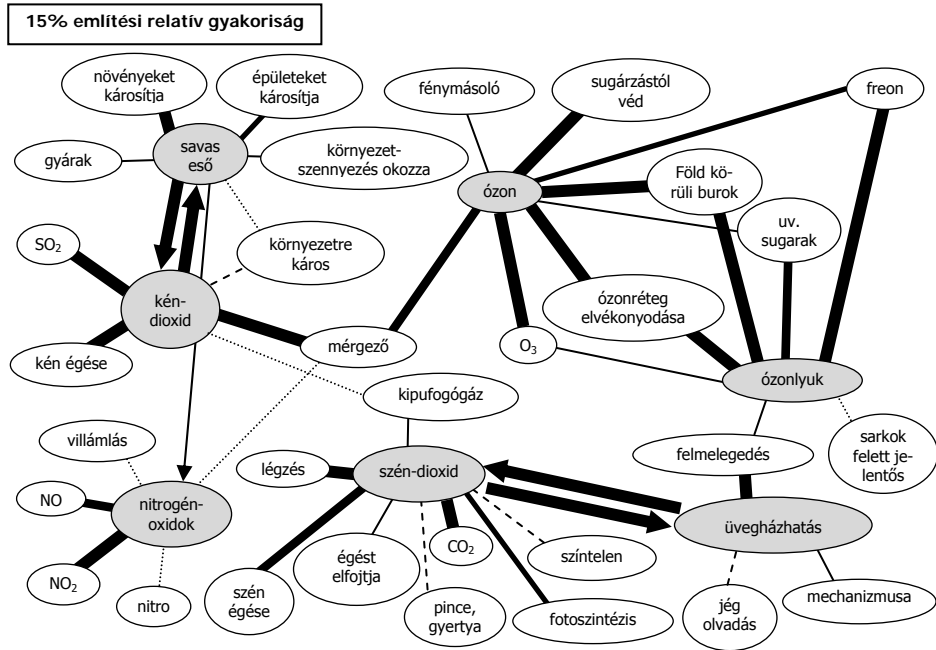
Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Kémia Szakmódszertani Csoport, H-4010 Debrecen, Pf. 66.

1. melléklet

A tizedik osztályosok fogalmi hálójának változása az asszociált fogalmak relatív gyakoriságának csökkentésével

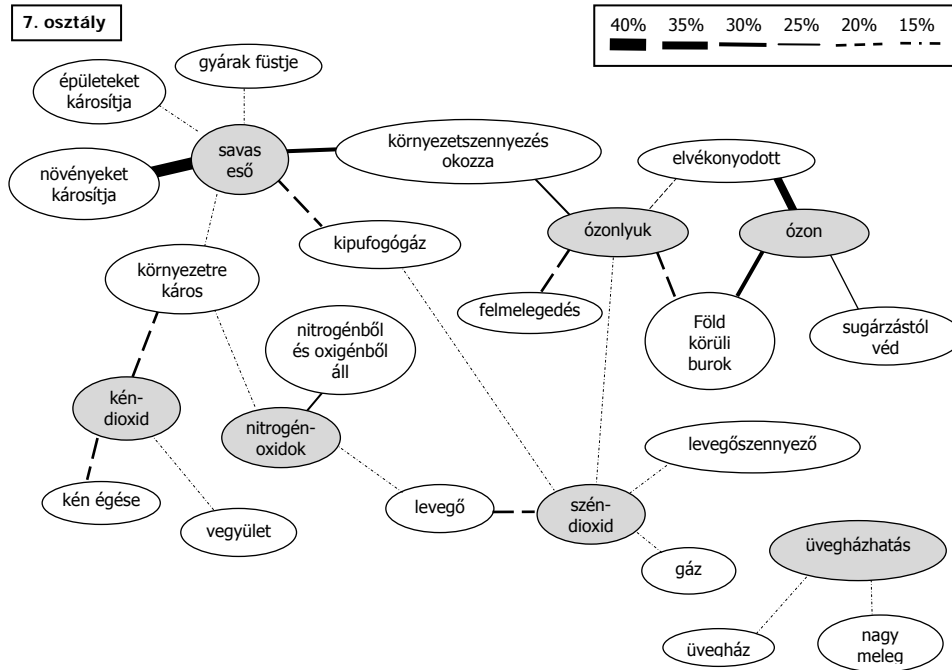






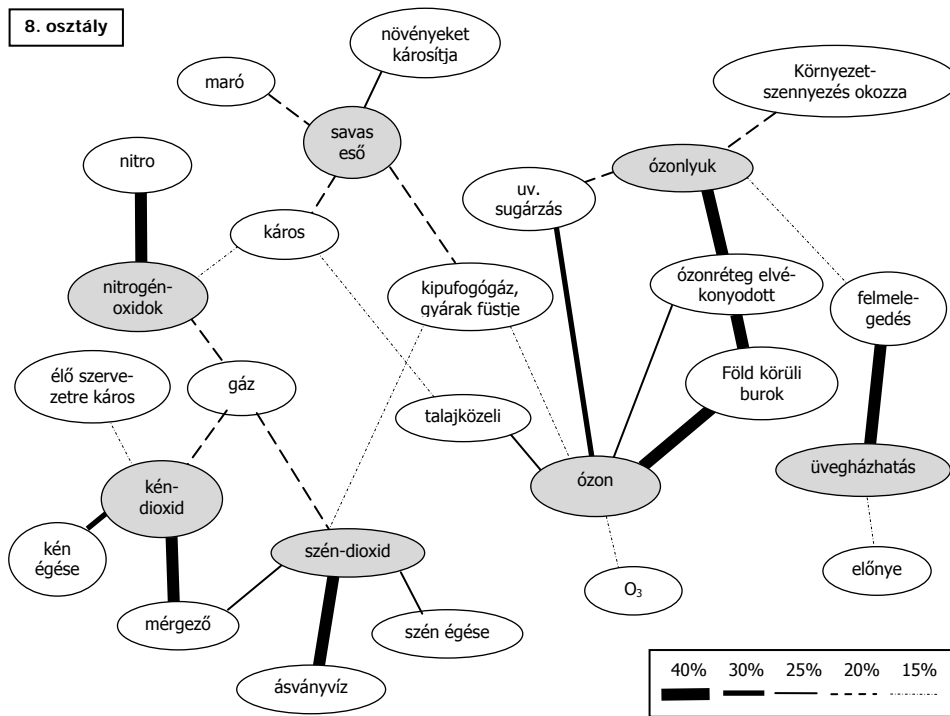
2. melléklet

A 7. osztályosok fogalmi hálójának az asszociált fogalmak relatív gyakoriságának figyelembevételével



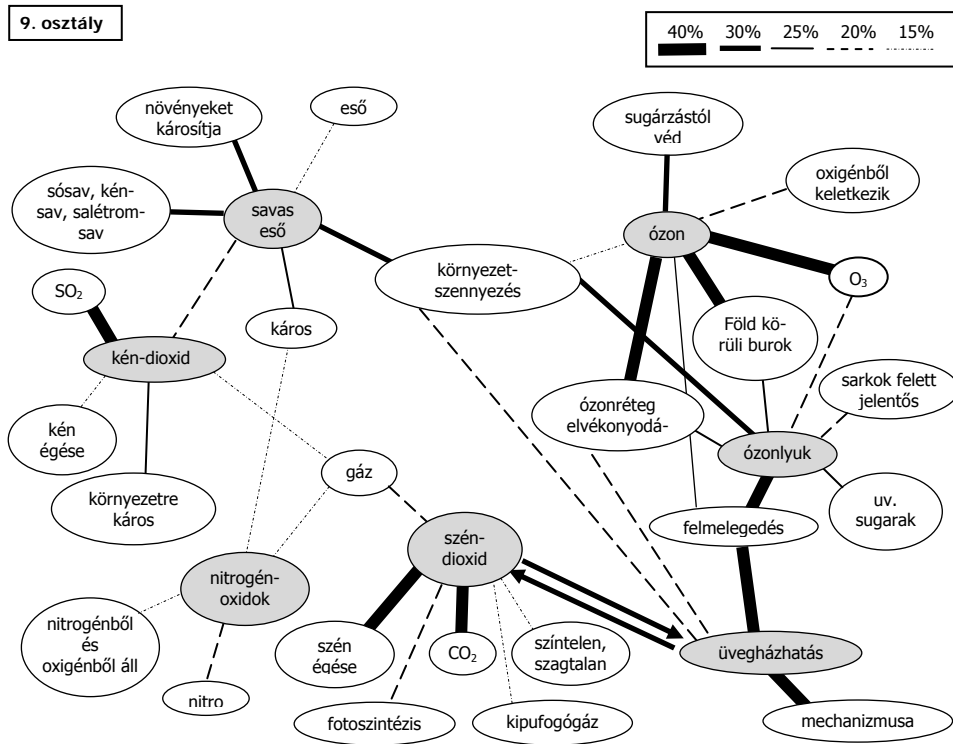
3. melléklet

A 8. osztályosok fogalmi hálójának az asszociált fogalmak relatív gyakoriságának figyelembevételével



4. melléklet

A 9. osztályosok fogalmi hálója az asszociált fogalmak relatív gyakoriságának figyelembevételével



5. melléklet

A hívó fogalmak kapcsolati együtthatói évfolyamonként

7. 9.	8. 10.	Savas eső	Szén-dioxid	Ózon	Üvegházhatás	Kén-dioxid	Ózonlyuk	Nitrogén-oxidok
Savas eső		0,04 0,02 0,03 0,03	0,03 0,01 0,001 0,01	0,01 0,005 0,02 0,01	0,06 0,04 0,13 0,37	0,03 0 0,05 0,01	0,03 0,06 0,09 0,23	
Szén-dioxid			0,02 0,01 0,04 0,01	0,01 0,04 0,18 0,22	0,12 0,07 0,08 0,03	0,03 0,02 0,08 0,01	0,06 0,03 0,07 0,02	
Ózon				0,02 0,02 0,09 0,01	0,01 0,002 0,02 0,03	0,21 0,28 0,33 0,32	0,01 0 0,01 0,02	
Üvegházhatás					0,02 0,001 0,02 0,005	0,03 0,03 0,11 0,03	0,01 0,01 0,03 0,01	
Kén-dioxid						0,01 0 0,01 0,002	0,11 0,08 0,07 0,13	
Ózonlyuk							0,003 0,005 0,003	
Nitrogén-oxidok								