

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Problémaalapú megközelítés alkalmazása
matematikaórán és hatásai felső tagozatos
diákok motivációjára, gondolkodásmódjára és
tanulási eredményeire**

Báró Emőke

Témavezetők: Herendiné Dr. Kónya Eszter

Dr. Kovács Zoltán



DEBRECENI EGYETEM

Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2024

Bevezetés

A tanulók csökkenő érdeklődése a matematika és a természettudományok iránt vezetett minket a problémaalapú tanítási módszerek felé, amelyet a matematika oktatásban olyan környezetként értelmezünk, amelyben a tanulónak lehetősége van problémahelyzetek elemzésére (problémamegoldás, problémaalkotás), saját és társaik gondolatmenetéhez való kritikus megnyilvánulásra, valamint magyarázásra, indoklásra és érvelésre (Csíkos, 2010; Kónya & Kovács, 2021). Célunk volt a problémaalapú módszer következetes alkalmazása: problémaalapú megközelítést alkalmazó lecke-tervek megtervezése, ezen órák megtartása, dokumentálása, majd elemzése. A problémaalapú megközelítést alkalmazó tanulást és tanítást több szempontból vizsgáltuk, elemzéseink kiterjednek a motivációra, a bevonódásra, a tanulói gondolkodástípusokra és a tanulási eredményekre. A felsoroltak tanulmányozása lehetővé tette a módszer mélyebb megértését és ezáltal a kutatási terület szakirodalmának bővítését.

A dolgozat felépítése

A dolgozatban szereplő fejezetek a problémaalapú megközelítést alkalmazó tanulás hatásait vizsgálják, a motiváció, a bevonódás, a kritikus gondolkodás, az algebrai gondolkodás és a tanulási eredmények szempontjából.

Az első fejezetben a szakirodalom tanulmányozásán keresztül kutatásunk elméleti háttérét mutatjuk be, kiindulva általánosan a tanulás, a matematika tanulás elméleteiből, majd a probléma, problémamegoldás, problémaalkotás fogalmainak bemutatása után a problémaalapú tanulást definiáljuk. A fejezet további része a problémaalapú tanulás és tanulói gondolkodás, tanulási eredmények, motiváció, bevonódás kapcsolatához tartozó jelentősebb kutatási eredményeket mutatja be.

A 2. fejezet a kutatási kérdésekről, míg az 3. fejezet a kutatás körülményeiről szól. A kutatásban résztvevő személyek általános iskolás tanulók, hat csoport, amelyek közül két csoportot longitudinálisan, négy éven keresztül követtünk nyomon. A 4-9. fejezetekben a kutatás eredményeire térünk rá.

A 4. és 5. fejezet a diákok motivációjával foglalkozik. A 6. fejezet a problémaalapú tanórán megjelenő kritikus gondolkodást tárgyalja pármunka során alkalmazott problémamegoldás keretében. Ebben és a 7. fejezetben a diákok kritikus és algebrai gondolkodásmódját elemeztük. A problémaalapú

órák dokumentálása révén a diákok kritikus gondolkodásán kívül az algebrai gondolkodást is vizsgáltuk. Az algebrai gondolkodás vizsgálatát a diákok kora indokolja. A felső tagozatos diákok egy átmeneti szakaszban vannak az aritmetikai és algebrai gondolkodás között (Rivera, 2013), ennek az átmenetnek a feltérképezésére törekedtünk. Az algebrai gondolkodásra vonatkozó vizsgálataink már a beavatkozás eredményességére utaló választ is adnak. További eredményességre vonatkozó elemzéseink a tanulási kimenetelhez kapcsolódnak. Egy munkatervből kiválasztott fejezetet problémaalapú módszerrel tanítva, elő- és utótesztekkel vizsgáltuk a tananyag elsajátításának mértékét a 8. fejezetben.

Végül pedig annak érdekében, hogy a diákok bevonódásáról is képet kapjunk, a 9. fejezetben a négy éven keresztül követett diákok rövid önbeszámolóit által a matematikai bevonódás indikátorait és facilitátorait vizsgáltuk.

Kutatási kérdések

A **K1-K3** kérdések a módszer egyes jellemzőire, előforduló jelenségekre, míg a **K4-K6** kérdések a beavatkozás eredményességére vonatkoznak.

K1. Mely motivációs források jelenhetnek meg egy problémaalapú tanórán? Mivel kiindulópontunk a diákok csökkenő motivációja volt, ezért elsősorban a problémaalapú tanulás és motiváció kapcsolatát vizsgáltuk egy tanóra megfigyelésével. A második kérdés szintén ezt a kapcsolatot vizsgálja, specifikusabb körülmények között, egy tanegység feldolgozásával, nagyobb hangsúlyt fektetve a problémaalkotásra mint problémaalapú tanulási elemre. Ez esetben a személyes tényezőknél (egy problémába beleszótt személyes jegyek) a motivációra kifejtett hatását elemezzük.

K2. Hogyan hatnak a problémaalkotás során potenciálisan megjelenő személyes tényezők a motivációra?

A szakirodalomból a problémaalapú tanulás kritikus gondolkodásra gyakorolt pozitív hatását is ismerjük, ezért ezt a kapcsolatot vizsgáltuk a következő kérdéssel, egy tanóra megfigyelése által.

K3. A problémaalapú megközelítés során alkalmazott páros munkaforma hogyan támogathatja a kritikus gondolkodás megjelenését?

A **K3** kutatási kérdésre választ adó tanulmány során érdekes jelenségre lettünk figyelmesek, amely a 6-7. osztályos diákok aritmetikai és algebrai

gondolkodásával kapcsolatos. Mivel ebben a korban a diákok a két gondolkodásmód közötti átmeneti szakaszban vannak, fontosnak találtuk megvizsgálni ezt a jelenséget. Ehhez kapcsolódik a következő kutatási kérdés:

K4. Fejlődött-e a tanulók algebrai gondolkodásmódja a problémaalapú megközelítés alkalmazása során?

Az előző kérdések a problémaalapú tanulás és a motiváció, a kritikus gondolkodás, az algebrai gondolkodás kapcsolatát járják körül. Ezen kapcsolatok ismeretében a problémaalapú tanulás tanulási eredményekre kifejtett hatására is kíváncsiak voltunk. Erre vonatkozik a következő kérdés.

K5. Milyen hatással van a problémaalapú megközelítés a tanulási folyamat kimenetére?

A rövid távú tanulmányok (egy óra vagy tanegység, fejezet) elemzése után a tanulók bevonódását, motivációját elemeztük egy négyéves ciklust tekintve. Azt vizsgáltuk, hogy a rövidtávú tevékenységre vonatkozó motivációból hogyan lett hosszabb távú bevonódás.

K6. Milyen hatással van a felső tagozatos tanulmányi szakaszban folyamatosan alkalmazott problémaalapú megközelítés a tanulók bevonódására?

Kutatási kérdéseink megválaszolására egy hosszú távú akciókutatást terveztünk, mely során több forrásból gyűjtöttünk adatokat, s ezeket különböző szempontok szerint elemeztük.

Akciókutatás

A kutatás típusa akciókutatás (Koshy, 2005), mert maga a kutató (szerző) volt egyben a tanár is, aki szakmai segítséggel megtervezte a problémaalapú órákat, majd az óraterv alapján megtartotta őket. Mindez több beavatkozási ciklusban jött létre. A kutatás a tanterven alapult, nem tért el attól, illetve az akció és reflexió folyamatosan kölcsönhatásban volt egymással, azaz a kísérlet tapasztalatai és a menet közbeni értékelés a következő kísérlet alappilléret jelentették.

A kutatásban egy erdélyi általános iskola 5-8. osztályos diákjai vettek részt, összesen 171 diák, hat csoport (osztály), amelyek közül két csoportot longitudinálisan, négy éven keresztül követtünk nyomon.

Kutatási kérdések megválaszolása, eredmények bemutatása

A kutatási eredmények röviden összefoglalva:

K1. Mely motivációs források jelenhetnek meg egy problémaalapú tanórán? A kérdést egy problémaalapú megközelítést alkalmazó tanóra egy problémamegoldási tevékenységének elemzése révén válaszoltuk meg két csoport óráinak videófelvevételei, illetve a tanulók visszajelzései alapján. A kutatás megerősíti a szakirodalomból ismert eredményeket. A motivációs források természetes módon épülhetnek be a problémamegoldási tevékenységbe, és ezek valóban motivációs hatással bírnak, amelyet a tanulói megszólalások elemzésével mutattunk ki.

K2. Hogyan hatnak a problémaalkotás során potenciálisan megjelenő személyes tényezők a motivációra?

Erre a kérdésre két ciklusú akciókutatás segítségével válaszoltunk, amelyben a problémaalkotásra helyeztük a hangsúlyt. A szakirodalomból ismerjük a kontextusperszonalizáció motiváló hatását. Ez a jelenség kísérletünk során valóban megjelent. Az akciókutatás első ciklusában a kontextusperszonalizáció motiváló hatását kimutattuk. A második ciklusban azt tapasztaltuk, hogy a társas kapcsolatok megerősítésével tovább erősödött a tanulók motivációja a problémaalkotás során. Ezzel egy újabb motivációs forrás megjelenésére mutattunk rá, a perszonalizáció lehetőségét magában hordozó tanulási környezetre, amely kutatásunk által a problémaalkotási tevékenységhez kapcsolható.

K3. A problémaalapú megközelítés során alkalmazott páros munkaforma hogyan támogathatja a kritikus gondolkodás megjelenését?

A kérdést mintakereséses feladatok feldolgozása által egy problémaalapú tanóra keretén belül szervezett pármunka elemzése alapján válaszoltuk meg. Ez tartalmazza a pármunkában rögzített párbeszédet és a tanulói véleményeket is. Arra jutottunk, hogy a problémaalapú megközelítés pármunkában megfelelő lehetőséget adott a kritikus megnyilvánulásokra, a társak gondolatmenetének reflektálására. Azonban bizonyos körülmények között nem működött megfelelően. Például azon párok esetében, ahol a tanulók készség szintje lényegesen eltért, a kritikus megnyilvánulásokat blokkolta ez a különbség.

K4. Fejlődött-e a tanulók algebrai gondolkodásmódja a problémaalapú megközelítés során?

Mintakeresésre vonatkozó osztálymegbeszélések és problémaalkotási feladatok elemzésével adtunk választ a kérdésre. A problémaalkotási feladat Silver (1994) szerint alak, amelyen keresztül a tanuló gondolkodásába tekinthetünk be. Jelen esetben az alkotott problémákon keresztül a tanulók általánosító képességét vizsgáltuk. A problémaalkotási tevékenység eredménye visszajelzés volt a tanulók algebrai gondolkodásának szintjéről, amelynek fejlődését megállapítottuk.

K5. Milyen hatással van a problémaalapú megközelítés a tanulási folyamat kimenetére?

A kérdésre egyrészt egy kvantitatív vizsgálat válaszol, ami egy előteszt és egy utóteszt eredményeinek összehasonlításából állt. Majd rátérünk a megoldások kvalitatív elemzésére is, valamint a tanulók megélt kompetenciájának vizsgálatára. Kijelenthetjük, hogy minden képességcsoportban fejlődés mutatkozott, de legnagyobb kísérleti hatást a gyenge és közepes matematika képességű csoportban tapasztaltunk. A tanulók megélt kompetenciája a személy oldaláról is megerősíti ezt a hatást.

K6. Milyen hatással van a felső tagozatos tanulmányi szakaszban folyamatosan alkalmazott problémaalapú megközelítés a tanulók bevonódására?

A kérdést a négyéves problémaalapú beavatkozás lezárása után kitöltött önbeszámoló elemzésével válaszoltuk meg. A beérkezett 43 válaszból 37-ben történt utalás problémaalapú megközelítést alkalmazó órára mint legkedvesebb matematika órához kapcsoló emlékre. Vizsgálataink arra mutattak rá, hogy a négy éven át következetesen végzett problémaalapú beavatkozások után a diákoknak a felidézett kedvenc tevékenységei elsősorban érzelmi bevonódásra utaltak. Ugyanakkor felfedeztük a Walter és Hart (2009) féle motivációs forrásokat a diákok beszámolóiban, ami a **K1** kutatási kérdésben kapott eredményt is megerősíti. Azzal, hogy a problémaalapú órákon jelen vannak a motiváció forrásai, megerősítést nyert az a feltételezésünk, hogy a tananyag problémaalapú feldolgozási módja motiváló hatású a tanulók számára. Az elvárásunk, hogy a diákok bevonódása jelentősebb lesz, beigazolódott.

Összességében elmondhatjuk, hogy a problémaalapú tanulás alkalmasnak bizonyult a diákok motiválására, a matematikával kapcsolatos attitűd jó irányba formálására, és mindezek mellett a tanulási folyamat kimeneti eredménye is pozitív képet mutatott.

Saját eredmények

A kutatás alapján a következő eredményeket fogalmazhatjuk meg:

1. A problémaalapú tanulás definíciójának kibővítése: matematikai problémahelyzetek elemzése alatt nem csak problémamegoldást értünk, hanem annak átható vizsgálatát és problémaalkotást is.
2. A kritikus gondolkodás és problémaalapú tanulás szakirodalmi értelmezéseinek összekapcsolása, a kapcsolat értelmezése.
3. A problémaalapú tanulás motivációs hatásának vizsgálata az időtartam dilemmája szempontjából: a keresztmetszeti vizsgálatokban megállapítottuk a problémaalapú megközelítést alkalmazó beavatkozások motiváló hatását. A longitudinális kutatásban pedig arra a következtetésre jutottunk, hogy a problémaalapú tanulás alkalmazása hosszú távon is motiváló hatású tud lenni. Ezt rendszeres és következetesen alkalmazott problémaalapú beavatkozásokkal értük el, a módszert nem terjesztettük ki a tanmenet egészére.
4. A szakirodalomban általánosan leírt motivációs forrásokat kimutattuk speciálisan a problémaalapú matematikatanulási környezetben.
5. A szakirodalomból eddig ismert motivációs források kibővítése: a perszonalizáció lehetőségét magában hordozó tanulási környezet egy új motivációs forrás, amely kutatásunk által a problémaalkotási tevékenységhez kapcsolható.
6. A felső tagozatos diákok tanulási eredményeinek vizsgálata olyan problémaalapú beavatkozások során, amelyekben heurisztikus stratégiákat célzottan alkalmaztunk. A statisztikai elemzésekben szignifikáns fejlődés mutatkozott, és a tanulók megélt kompetenciája a személy oldaláról is megerősíti ezt a hatást.

További kutatási lehetőségek

A kutatás a dolgozat megírásával nem fejeződik be. Tervben van az összegyűjtött tanulói munkák további elemzése, például a longitudinálisan követett csoportok esetében a problémaalkotások elemzése, fejlődésének tanulmányozása. További terveink között szerepel a kutatás kibővítése a minta szempontjából. Egyik lehetőség további matematika tanárok bevonása problémaalapú órák megtartásába, azok dokumentálása, majd elemzése. Másik lehetőség további korosztályok vizsgálata hasonló szempontok szerint, például középiskolások vagy egyetemisták körében történő hasonló jellegű problémaalapú beavatkozás.

Irodalomjegyzék

- Csikos, C. (2010). Problémaalapú tanulás és matematikai nevelés. *Iskolakultúra*, 12, 52-60. <https://doi.org/10.25656/01:7122>
- Kónya, E., & Kovács, Z. (2021). Management of Problem Solving in a Classroom Context. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 12(1), 81-101. <https://doi.org/10.26529/cepsj.895>
- Koshy, V. (2005). *Action Research for Improving Practice: A Practical Guide*. Sage Publications Company.
- Rivera, F. (2013). *Teaching and Learning Patterns in School Mathematics: Psychological and Pedagogical Considerations*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2712-0>
- Silver, E. (1994). On Mathematical Problem Posing. *For the learning of mathematics*.
- Walter, J. G., & Hart, J. (2009). Understanding the complexities of student motivations in mathematics learning. *The Journal of Mathematical Behavior*, 28(2-3), 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2009.07.001>



Nyilvántartási szám: DEENK/31/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Báró Emőke

Doktori Iskola: Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

MTMT azonosító: 10078162

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészletek (2)

1. **Báró, E.:** Observing critical thinking during online pair work.
In: Critical Thinking in Mathematics: Perspectives and Challenges. Eds.: Bozena Maj-Tatsis, Konstantinos Tatsis, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 128-136, 2022. ISBN: 9788382770131
2. **Báró, E.:** Teaching strategies for developing critical thinking skills.
In: Critical Thinking in Mathematics: Perspectives and Challenges. Eds.: Bozena Maj-Tatsis, Konstantinos Tatsis, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 17-25, 2021. ISBN: 9788379969036

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

3. **Báró, E.:** Mapping students' motivation in a problem oriented mathematics classroom.
Teach. math. comput. sci. 18 (3), 111-121, 2020. ISSN: 1589-7389.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5485/TMCS.2020.0477>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

4. Kovács, Z., **Báró, E.**, Lócska, O., Herendiné Kónya, E.: Incorporating Problem-Posing into Sixth-Grade Mathematics Classes.
Educ. Sci. 13 (2), 1-22, 2023. EISSN: 2227-7102.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/educsci13020151>
IF: 3 (2022)

Idegen nyelvű konferencia közlemények (3)

5. **Báró, E.**, Kovács, Z., Herendiné Kónya, E.: Students recalling favourite math experience: How does problem-based approach promote mathematical engagement?
In: Proceedings of the Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13). Eds.: Drijvers, P., Csapodi, C., Palmér, H., Gosztonyi, K., & Kónya, E, Alfréd Rényi Institute of Mathematics, Budapest, 1400-1407, 2024. ISBN: 9789637031045





6. **Báró, E.:** Exploring students' algebraic thinking through Problem-Posing activities.
In: Problem Solving and Problem Posing: Perspectives and Potentials in Research and Practice / Ioannis Papadopoulos, Nafsika Patsiala, Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Education, Thessaloniki, 165-178, 2023. ISBN: 9789602437360
7. **Báró, E.:** Positive changes in affective variables: Two-round action research in Hungary and Romania.
In: Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. Eds.: Jeremy Hodgen, Eirini Geraniou, Giorgio Bolondi, Federica Ferretti, Free University of Bozen-Bolzano, Italy and ERME, Bozen, 1311-1319, 2022. ISBN: 9791221025378

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 3

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 3

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománytermetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.01.30.



**Short thesis for the degree of doctor of philosophy
(PhD)**

**Effects of problem-based approach in
mathematics classrooms on lower secondary
students' motivation, thinking and learning
outcomes**

by Emőke Báró

Supervisors: Herendiné Dr. Kónya Eszter
Dr. Kovács Zoltán



UNIVERSITY OF DEBRECEN

Doctoral School of Mathematical and Computational
Sciences

Debrecen, 2024

Introduction

Students' declining interest in mathematics and science has led us towards problem-based teaching methods. Csíkos (2010) defines problem-based learning in mathematics as requiring students to analyze mathematical problem situations, critically approach their own and their peers' minds, and they must learn to explain and justify their reasoning (see also Kónya & Kovács, 2021). We aimed to apply this method consistently by designing lesson plans in which we used a problem-based approach by delivering these lessons and documenting them. We analyzed this method from several perspectives: motivation, engagement, critical thinking, algebraic thinking and learning outcomes. Examining these aspects has helped us to gain a deeper understanding of the problem-based method and thus broaden the literature in this research area.

Structure of the thesis

This thesis examines the effects of problem-based learning on motivation, engagement, critical thinking, algebraic thinking and learning outcomes.

In the first chapter, we present the theoretical background of our research, starting from theories of learning and learning mathematics. Then, after introducing the concepts of problem, problem-solving, and problem-posing, we define problem-based learning. The further chapters present major research findings concerning the relationship between problem-based learning and student thinking, learning outcomes, motivation and engagement.

Chapter 2 deals with the research questions and Chapter 3 presents the setting of the study. The research participants are six groups of lower secondary students, two of whom were monitored longitudinally over four years. Chapters 4-9 present the results of the research.

The starting point of the thesis was the declining motivation of students, and therefore chapters 4 and 5 deal with this topic. Chapter 6 discusses critical thinking during problem-based learning activities. In addition to students' critical thinking, their algebraic thinking was also examined by documenting problem-based lessons. The age of the students justifies the investigation of algebraic thinking. Lower secondary students are in a transition phase

between arithmetic and algebraic thinking (Rivera, 2013). Our further analyses of effectiveness are related to learning outcomes. We used a problem-based method to teach a chapter selected from the curriculum and pre-and post-tests to assess the learning outcomes.

Finally, to get a better insight into student engagement, in chapter 9, we explore indicators and facilitators of mathematical engagement through short self-reports of the students.

Research questions

Questions **Q1-Q3** deal with some of the many characteristics of the method, while questions **Q4-Q6** deal with the effectiveness of the intervention.

Q1. Which motivational sources can be present in a problem-based learning lesson?

Since our starting point was the declining motivation of students, we focused on the relationship between problem-based learning and motivation by observing a lesson. The second question also investigates this relationship in more specific contexts by working through a lesson unit, with a greater emphasis on problem-posing. In this case, the impact of personalization (personal traits built into a problem) on motivation was examined.

Q2. How does the personalization involved in the problem-posing process affect motivation?

The positive impact of problem-based learning on critical thinking is also known from the literature, so we investigated this relationship as well.

Q3. How can pair work in a problem-based approach support critical thinking?

During the analysis of question **Q3**, we observed an interesting phenomenon related to the arithmetic and algebraic thinking of students in grades 6-7. They are in transition from arithmetic thinking to algebraic thinking. The following research question is related to this phenomenon.

Q4. Did the students' algebraic thinking develop while using a problem-based approach?

The previous questions examine the relationship between problem-based learning and motivation, critical thinking, and algebraic thinking. Given these

relationships, we were also interested in the impact of problem-based learning on learning outcomes.

Q5. What impact does the problem-based approach have on the learning outcomes?

Finally, we analyzed the engagement and motivation of learners over a four-year cycle. In this part of the thesis, we investigated how motivation identified in the short-term activities turned into longer-term engagement.

Q6. What impact does a consistently applied problem-based approach have on student engagement?

To answer our research questions, we designed action research, collecting data from several sources and analyzing them according to different criteria.

Action research

The research method chosen was action research (Koshy, 2005); the researcher (the author of this thesis) was also the teacher who planned the problem-based lessons with professional guidance and then delivered them according to the lesson plan. This has been repeated in multiple cycles during the four years of intervention. The research was based on the curriculum. Action and reflection were constantly interacting, so the experiences and evaluations from the previous studies were the pillars of the next study.

The research involved 171 lower secondary students from Transylvania, Romania. This represents a total of six classes, two of which were monitored longitudinally over four years.

Answers and results

A summary of the research findings:

Q1. This question was answered by analyzing a problem-solving activity during a problem-based lesson. This lesson was held in two classes, and the data source was the video recordings of two lessons and student feedback. The research confirms the results reported in the literature. Motivational resources can be naturally incorporated into problem-based activities, and they do have a motivational effect. This was demonstrated also by analyzing the students' feedback.

Q2. This question was answered by conducting a two-cycle action research with a focus on problem-posing. From the literature, we are familiar with the

motivational effects of context personalization. This phenomenon indeed emerged during our experiment. In the first cycle of our action research, we demonstrated the motivational effect of context personalization. In the second cycle, we found that strengthening interpersonal relationships increased students' motivation. We thus pointed to the existence of another source of motivation, the learning environment with the potential for personalization, which is linked to problem-posing based on our research.

Q3. The question was answered by analyzing audio recordings made during pair work in a problem-based lesson and by students' opinions. We conclude that the problem-based approach in pair work provided adequate opportunities for critical expression and reflection. However, it did not work well in certain circumstances. For example, in pairs where the learners' skill levels differed significantly, critical expression was blocked by this difference.

Q4. We answered this question by analyzing class discussions and pattern recognition-based problem-solving and problem-posing activities. Problem-posing, according to Silver (1994), is a window into the learner's thinking. In our case, we investigated learners' ability to generalize through the problems they posed. The outcome of the problem-posing activity was feedback on the level of students' algebraic thinking, the development of which was noted.

Q5. This question was answered by a quantitative study comparing the results of a pre-test and a post-test. Afterward, we analyzed qualitatively the solutions and identified perceived competence reported by the learners. It can be concluded that there was an improvement in every group. The reported perceived competence also confirms this effect.

Q6. The question was answered by analyzing the students' self-reports completed after having finished the four-year problem-based intervention. Of the 43 responses received, 37 students referred to a problem-based lesson as their favorite memory connected to a mathematics lesson. Our findings indicated that, after four years of consistent problem-based interventions, students recalled favorite activities primarily connected to emotional engagement. At the same time, we identified sources of motivation (Walter & Hart, 2009) in students' reports, which confirms the results obtained in research question **Q1**. Therefore, the problem-based approach uses various methods to engage students, including active, collaborative, and student-

centered methods. Our expectation that student engagement would be more significant has been confirmed.

Overall, we can say that problem-based learning may increase students' motivation, shape their attitudes towards mathematics, and nevertheless have a positive impact on students' academic achievement.

Results of the research

1. We have expanded the definition of problem-based learning: besides problem-solving, we added problem-posing from the aspect of analyzing mathematical problem situations.
2. We have linked critical thinking and problem-based learning in the literature, interpreting the relationship.
3. The impact of problem-based learning on motivation is answered in terms of the dilemma of duration: in cross-sectional studies, we identified the motivational impact of the problem-based approach. In the longitudinal research, we concluded that if problem-based learning does not imply the complete modification of the curriculum, but regular and consistent interventions, it can be motivating too.
4. Based on this research the general sources of motivation known from the literature have been identified specifically in problem-based learning environments.
5. We have expanded the sources of motivation known from the literature: a learning environment with the possibility of personalization is a new source of motivation. This is linked to problem-posing in our study.
6. We have evaluated the learning outcomes of lower secondary students after problem-based interventions combined with purposeful use of heuristic strategies: statistical analyses showed significant improvement, and the identified perceived competence from students' reflections confirms this effect.

Further research

Further analysis of the students' works is planned, for example, analysis of the development of problem-posing skills observed in the longitudinally measured groups.

Further plans include extending the research in terms of sample. One

possibility is to involve more mathematics teachers in delivering problem-based lessons. Another possibility is to investigate other age groups, for example, by conducting a similar type of problem-based intervention with upper secondary or university students.

References

- Csíkó, C. (2010). Problémaalapú tanulás és matematikai nevelés. *Iskolakultúra*, 12, 52-60. <https://doi.org/10.25656/01:7122>
- Kónya, E., & Kovács, Z. (2021). Management of Problem Solving in a Classroom Context. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 12(1), 81-101. <https://doi.org/10.26529/cepsj.895>
- Koshy, V. (2005). *Action Research for Improving Practice: A Practical Guide*. Sage Publications Company.
- Rivera, F. (2013). *Teaching and Learning Patterns in School Mathematics: Psychological and Pedagogical Considerations*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2712-0>
- Silver, E. (1994). On Mathematical Problem Posing. *for the learning of mathematics*.
- Walter, J. G., & Hart, J. (2009). Understanding the complexities of student motivations in mathematics learning. *The Journal of Mathematical Behavior*, 28(2-3), 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2009.07.001>



Registry number: DEENK/31/2024.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Emőke Báró

Doctoral School: Doctoral School of Mathematical and Computational Sciences

MTMT ID: 10078162

List of publications related to the dissertation

Foreign language international book chapters (2)

1. **Báró, E.:** Observing critical thinking during online pair work.
In: Critical Thinking in Mathematics: Perspectives and Challenges. Eds.: Bozena Maj-Tatsis, Konstantinos Tatsis, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 128-136, 2022. ISBN: 9788382770131
2. **Báró, E.:** Teaching strategies for developing critical thinking skills.
In: Critical Thinking in Mathematics: Perspectives and Challenges. Eds.: Bozena Maj-Tatsis, Konstantinos Tatsis, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 17-25, 2021. ISBN: 9788379969036

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

3. **Báró, E.:** Mapping students' motivation in a problem oriented mathematics classroom.
Teach. math. comput. sci. 18 (3), 111-121, 2020. ISSN: 1589-7389.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5485/TMCS.2020.0477>

Foreign language scientific articles in international journals (1)

4. Kovács, Z., **Báró, E.**, Lócska, O., Herendiné Kónya, E.: Incorporating Problem-Posing into Sixth-Grade Mathematics Classes.
Educ. Sci. 13 (2), 1-22, 2023. EISSN: 2227-7102.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/educsci13020151>
IF: 3 (2022)

Foreign language conference proceedings (3)

5. **Báró, E.**, Kovács, Z., Herendiné Kónya, E.: Students recalling favourite math experience: How does problem-based approach promote mathematical engagement?
In: Proceedings of the Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13). Eds.: Drijvers, P., Csapodi, C., Palmér, H., Gosztonyi, K., & Kónya, E. Alfréd Rényi Institute of Mathematics, Budapest, 1400-1407, 2024. ISBN: 9789637031045





6. **Báró, E.:** Exploring students' algebraic thinking through Problem-Posing activities.
In: Problem Solving and Problem Posing: Perspectives and Potentials in Research and Practice / Ioannis Papadopoulos, Nafsika Patsiala, Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Education, Thessaloniki, 165-178, 2023. ISBN: 9789602437360
7. **Báró, E.:** Positive changes in affective variables: Two-round action research in Hungary and Romania.
In: Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. Eds.: Jeremy Hodgen, Eirini Geraniou, Giorgio Bolondi, Federica Ferretti, Free University of Bozen-Bolzano, Italy and ERME, Bozen, 1311-1319, 2022. ISBN: 9791221025378

Total IF of journals (all publications): 3

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 3

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

30 January, 2024

