



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Gazdaság és Társadalomtudományi Kar

Műszaki Pedagógia Tanszék

Korszerű oktatás a szakképzésben - Infokommunikációs technológiával támogatott tanulási módszer bevezetése

Készítette: Velencei Ildikó

mérnökstanár szakos hallgató

Konzulens: Dr. Molnár György

egyetemi docens

tanszékvezető-helyettes

Tudományos Diákköri Konferencia

Budapest, 2014

Tartalom

1.	Bevezetés.....	1
1.1.	Kutatásom részletei	3
1.2.	Felmérési kérdőív	4
2.	Szakirodalmi kutatás	8
2.1.	Mobilkommunikációs eszközök.....	9
2.2.	Oktató videó, videotórium.....	14
2.3.	Multimédiás oktatószoftver.....	17
2.4.	Szakirodalmi kutatás összegzése.....	20
3.	IKT alapú alkalmazásfejlesztés a tanulási folyamat támogatására	20
3.1.	A tantárgyak tanterveinek, követelményeinek tanulmányozása.....	22
3.2.	Programozási környezet megválasztása	24
3.3.	Igénybevételi ábrák rajzoltatásának technikája	24
3.4.	Igénybevételi ábrák (más néven belső erő ábrák) szerkesztési szabályai	26
3.5.	MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó 1 koncentrált erővel.....	28
3.6.	MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó megoszló erővel	29
3.7.	MS Excel munkalap Kéttámaszú tartó 3 koncentrált erővel	33
4.	A tanulást segítő alkalmazás hasznosságának empirikus vizsgálata.....	41
5.	Új eredmények.....	45
6.	Összefoglalás, köszönetnyilvánítás	46
7.	Továbbfejlesztési lehetőségek.....	47
8.	Irodalomjegyzék.....	48

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a felgyorsult gazdasági- ipari- és társadalmi változások szükségszerűen megkívánják az oktatás minden területének korszerűsítését. A szakképzésben az innovatív, korszerű tanulási –tanítási környezet kialakításához tartozik a gyakorlati képzés újragondolása, az új generációs tanítási-tanulási módszerek, a tanár-diák szerepének szükségszerű változása, a korszerű, naprakész tananyag valamint az információs és kommunikációs technológia tanításban való széleskörű használata.

A TDK dolgozatom célja, hogy a szakképzésben is alkalmazható korszerű tanítási módszertani lehetőségeket mutassak be. Ennek keretében a munka fő részét képezik a saját fejlesztésű MS Excel alapú alkalmazások, melyek a statika tantárgy tanulási illetve tanítási folyamatának támogatásához alkalmazhatóak. Az elkészített alkalmazásokban különböző tartó típusok közül lehet választani a felhasználónak, majd a geometriai és erőtan adatok megadása után a program elkészíti a tartó nyíróerő- és hajlító nyomatéki ábráját (ha van normálerő, akkor a normál igénybevételi ábrát is). Az alkalmazás elsősorban a szakképzésben résztvevő diákok, tanárok közös munkáját próbálja segíteni.

Mivel az igénybevételek alapján történik a tényleges szerkezetek méretezése, ezért az összes ezzel kapcsolatos tudásra más tárgyaknál is szükség lesz, mint például szilárdságtan, vasbetonszerkezetek.

Az alkalmazásfejlesztő munkát megelőzte egyrészt e témában való kutatás, mely értelmében összegyűjtöttem olyan digitális, oktatásban használható segédanyagokat, melyekkel a statika, szilárdságtan, vasbetonszerkezetek tantárgyak könnyebben taníthatóak, tanulhatóak, másrészt pedig egy felmérési kérdőívvel végzett empirikus vizsgálat, ahol a tanulók statika, szilárdságtan tanulmányi helyzetét, körülményét mértem fel. A fejezet utolsó része egy elégedettségi kérdőívvel végzett vizsgálatot mutat be, mely az Ybl Miklós Építőipari Szakképző Iskola és a Pogány Frigyes Szakközépiskola diákjai körében készült, és az alkalmazások tanítási-tanulási folyamatba való beépítésének hasznosságát, tanulást segítő funkcióját kutatta. A fejezet részletezi az Excel alkalmazások továbbfejlesztési irányait is.

Az Ybl Miklós Építőipari Szakképző Iskolában tanítok, ahol statika, szilárdságtan, vasbetonszerkezetek tantárgyakat a felmenő rendszerű építészet szakmacsoportos szakközépiskolai osztályok tanulnak, valamint a magasépítő- mélyépítő illetve közlekedésépítő technikusok (a közlekedésépítő technikus képzésnek 3 elágazása van másodéven, útépítő és - fenntartó, vasútépítő és - fenntartó valamint hídépítő és - fenntartó

technikus szakképesítés). Képzettségi szinttől függetlenül, szinte minden évfolyamon a legnehezebb, legrosszabb eredményekkel teli az említett 3 tárgy oktatása.

A téma több szempontból is aktuális. Egyrészt a szakközépiskolák esetében 2017. január 1.-től kötelezően választandó érettségi vizsgatárgy a szakközépiskola ágazatának megfelelő szakmai vizsgatárgy. A 2016/2017. tanév május-júniusi vizsgaidőszakában kell első alkalommal a szakközépiskolákban tanulóknak kötelezően az ágazati szakmai vizsgatárgytól érettségi vizsgát tenni. Építészeti szakmacsoportos tanulók esetében az ágazati érettségi vizsgafeladatok nagy pontszámú statika, szilárdságtan feladatokat tartalmaznak, így e tanulmányaikat hangsúlyosabbá kell tennünk. Ha visszaszámolunk, az idén 10. évfolyamos tanulókra már vonatkozik az új törvény. Másrészt a magasépítő technikus képzésben a szakmai és vizsgakövetelmények kiadásait nézve azt láthatjuk (1. táblázat), hogy egyre nagyobb jelentőséget kap a diák statika, szilárdságtan tanulmánya a képesítő vizsgán.

1. táblázat: Magasépítő technikus képzés szakmai és –vizsgakövetelményeinek változása [Saját forrás.]

SZVK	vizsgafeladatok száma	statikai, szilárdságtani feladatokat tartalmazó vizsgafeladatok száma
2008-as modulrendszerű vizsga	18	1
2011-es modulrendszerű vizsga	12	2
2013-as komplex vizsga	8	1

Harmadrészt a 2008-as illetve 2011-es moduláris szakmai és vizsgakövetelmények alapján lebonyolított szakképesítő technikus vizsgákon az írásbeli statika vizsgák eredményei nagyszámban 50% alattiak (elégtelen), de idáig ez azért nem okozott nagy problémát a szakképzésben, mert a moduláris vizsgarendszerben az egyes modulok százalékos eredményét a modulhoz tartozó vizsgafeladatok eredményeinek súlyozott átlagból kellett számítani, ahol a statika csak 20% súlyozással szerepelt. A komplex vizsgánál lehet, hogy több probléma fog származni a tanulók hiányos statika tudásából.

Harmadrészt pedig, a közlekedésepítő technikus képzés esti tagozatát évek óta csak másodéven(2/14) tudjuk elindítani, mivel a jelentkezők nagyobb része már rendelkezik megfelelő előképzettséggel a másodévhez, de az előképzettség nélküli diákok létszáma nem éri el az 1/13-as évfolyam kezdő létszámát. Így ezen tanulók tanulmányi idő rövidítéssel végzik el a képzést (egy év alatt elvégzik 2 év helyett, az első év bizonyítványát osztályozó vizsgákon szerzik). Nekik az első évben heti 4 statika, szilárdságtan órájuk lenne valamint 2 vasbetonszerkezetek tanóra, ezen tárgyak

követelményeit is teljesíteniük kell az osztályozó vizsgákon. Így a statika konzultációkat mindenképp gördülékennyé kell tennünk tanulást támogató tananyagokkal.

Ez a probléma még pár évig biztosan fennáll, amíg nem indul be a közlekedésépítő szakmacsoportos szakközépiskolai képzés 9. osztálytól.

A közlekedésépítő technikus képzés heti óraszámából is látható, hogy a statika, szilárdságtan tantárgyak jelentős részét képezik a szakképesítéseknek [14]. A magasépítő technikus két éves képzése esetén is nagy óraszámokban tanulnak a diákok tartószerkezeti témaköröket, az első tanévben heti 3 statika, másodéven heti 6 szilárdságtan és vasbetonszerkezetek tanóra szerepel a szakképzési kerettantervben [2].

1.1. Kutatásom részletei

1. Kutatási feltételek:

- a, MS Excel mint fejlesztőkörnyezet szükséges a szemléltető diagramok kidolgozásához.
- b, Az empirikus kutatás elvégzéséhez építészet szakmacsoportos vagy közlekedésépítő szakmacsoportos osztályok közreműködése szükséges, akik statika tantárgyat vagy már korábban tanultak vagy ez évben tanulnak először. Az egyes szakmacsoportokban lehetséges osztályok, csoportok:

építészet szakmacsoport:

- szakközépiskolai osztály (1 osztály vett részt a kutatásban, 11. évfolyam)
- magasépítő technikus osztály (1 osztály vett részt a kutatásban)
- műemlékfenntartó technikus osztály (a kutatásban nem szerepelnek)

közlekedésépítő szakmacsoport:

- szakközépiskolai osztály (a kutatásban nem szerepelnek)
- közlekedésépítő technikus osztály (1 útépítő és –fenntartó technikus osztály vett részt a kutatásban)

- c, A tanulást segítő alkalmazások bemutatásához szükséges eszközök: számítógép, projektor, vetítővászon. Ezek is rendelkezésre álltak.

2. Kutatás célkitűzései

- a, A diákok statika, szilárdságtan tanulmányainak (problémáik, tanulási attitűdjük, motivációjuk) felmérése kérdőív segítségével.
- b, Statika, szilárdságtan tantárgyak tanulását, tanítását segítő segédanyagok tanulmányozása (szakirodalmi kutatás).

c, Bizonyos típusú tartók vizsgálatára alkalmas, a tanulást hatékonyan segítő eljárások, szemléltető diagramok kidolgozása, és az eljárások implementálása MS Excel alkalmazásban.

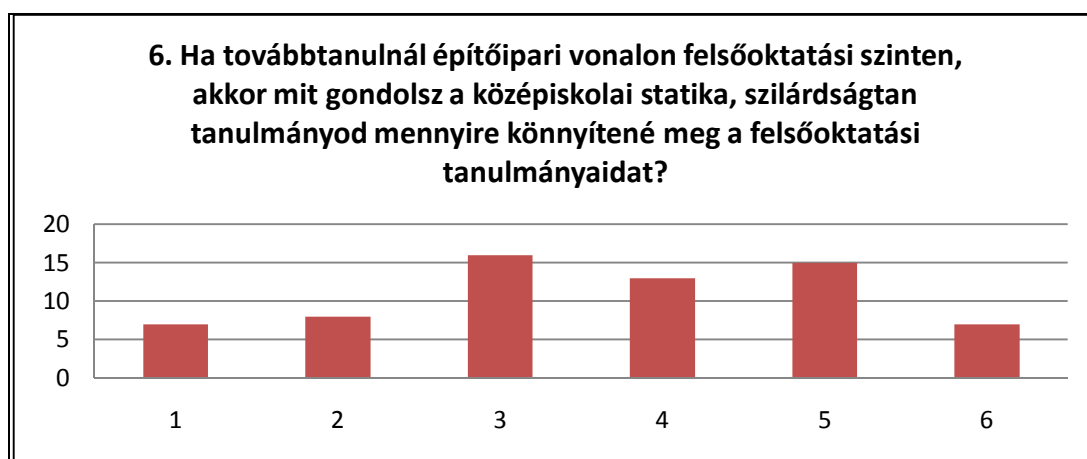
d, Kérdőíves vizsgálat elvégzése az elkészített tanítást segítő alkalmazások hasznosságáról és annak kiértékelése, következtetések levonása.

3. Kutatás módszerei:

A tanulást segítő alkalmazás bemutatása tanórai keretek között minden egyes osztályban, csoportban, majd a kérdőívek kitöltetése a diákokkal és a kitöltött ívek kiértékelése.

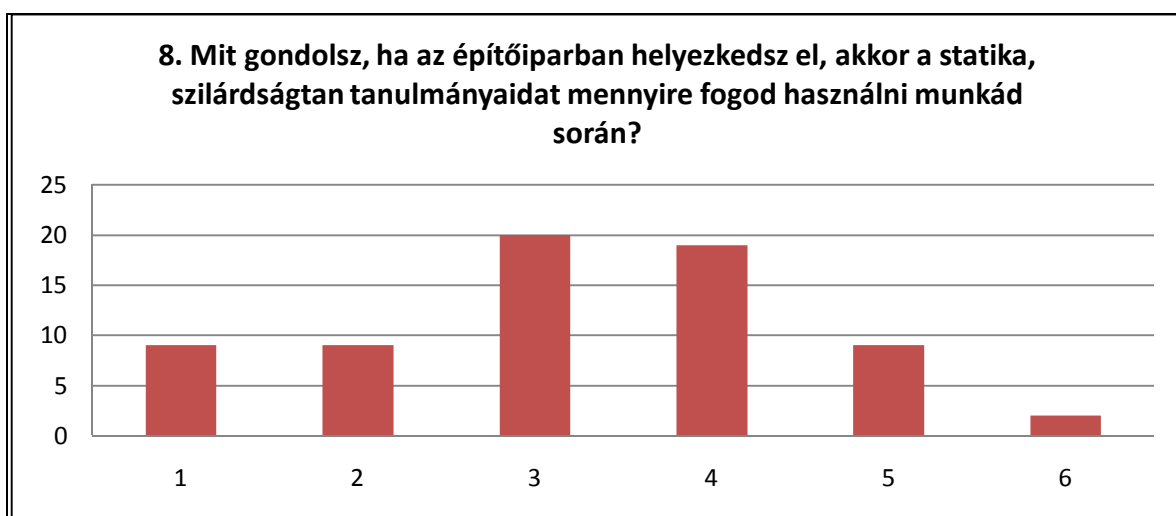
1.2. Felmérési kérdőív

Az 1. mellékletben található kérdőívvel (általam összeállított kérdésekkel) készítettem egy felmérést az Ybl Miklós Építőipari Szakképző Iskola illetve a Pogány Frigyes Szakközépiskola diákjai körében, melynek célja az volt, hogy megismerjem a diákok statika, szilárdságtan tanulmányainak helyzetét. 70 tanuló töltötte ki a kérdőívet, akik között voltak nappali tagozatos szakközépiskolai tanulók illetve esti tagozatos technikus tanulók (magasépítő technikus illetve útépítő és - fenntartó technikus szakon). Az esti tagozaton a tanulók többsége már idősebb korosztályú, munka mellett tanulnak szakképző iskolában. A kérdőív tartalmaz 7 háttérkérdést (kérdések sorszáma:1,2,3,4,5,7,10), 2 nyílt végű kérdést (kérdések sorszáma: 12,17) illetve 8 attitűdkérdést. A kérdőívet személyesen töltöttem ki a célcsoportokkal 2014 szeptemberében. Az életkor 17-49-ig terjedt. 59%-ban 17-19 évesek töltötték ki, szakközépiskolai tanulók, 41%-ban 20-49 éves korúak. Átlagéletkor 26 év volt. A 20-49 éves korosztály munkatapasztalatának átlaga 7 év. 39-en tervezik (55,7%), hogy felsőoktatásban ezután továbbtanuljanak, és ebből 35-en (50%) építőipari vonalon. 47-en szeretnének az építőiparban elhelyezkedni tanulmányaik után (67%). Az attitűd jellegű kérdések kiértékelése az alábbi diagramokon látható.



1. ábra: 6. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

55%-ban a tanulók a 4,5,6 skálát jelölték meg, azaz véleményük szerint megkönnyítené a felsőoktatási tanulmányaikat a középiskolai statika, szilárdságtan tantárgyak tanulmányai, 45%-ban az 1,2,3 skálát jelölték meg.



2. ábra: 8. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

54%-ban a tanulók az 1,2,3 skálát jelölték meg, azaz véleményük szerint a munkájuk során nem fogják hasznosítani statika, szilárdságtan tanulmányaikat, 46%-ban a 4,5,6 skálát jelölték meg.



3. ábra: 9. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

73%-ban a tanulók a 4,5,6 skálát jelölték meg, azaz a statika, szilárdságtan tantárgyakat hasznosnak tartják a képzés során, 27%-ban az 1,2,3 skálát jelölték meg. Érdekes ellenmondást láthatunk a 8-as és 9-es kérdések kiértékelésekor. A tanulók 54% nem gondolja, hogy hasznos lesz a munkája során a statika, szilárdságtan tanulmánya, míg 73%-ban fontos tantárgynak ítélik meg a tantárgyakat képzés során. Arra tudok következtetni, hogy nem teljesen látják át a tanulók, hogy ezeket az ismereteket milyen

munkakörülményekben tudják majd hasznosítani. A tantárgyak során több építőipari gyakorlati példát kellene a diákoknak elmondani, jobban hangsúlyozni a gyakorlati jelentőségét e tanulmányoknak.



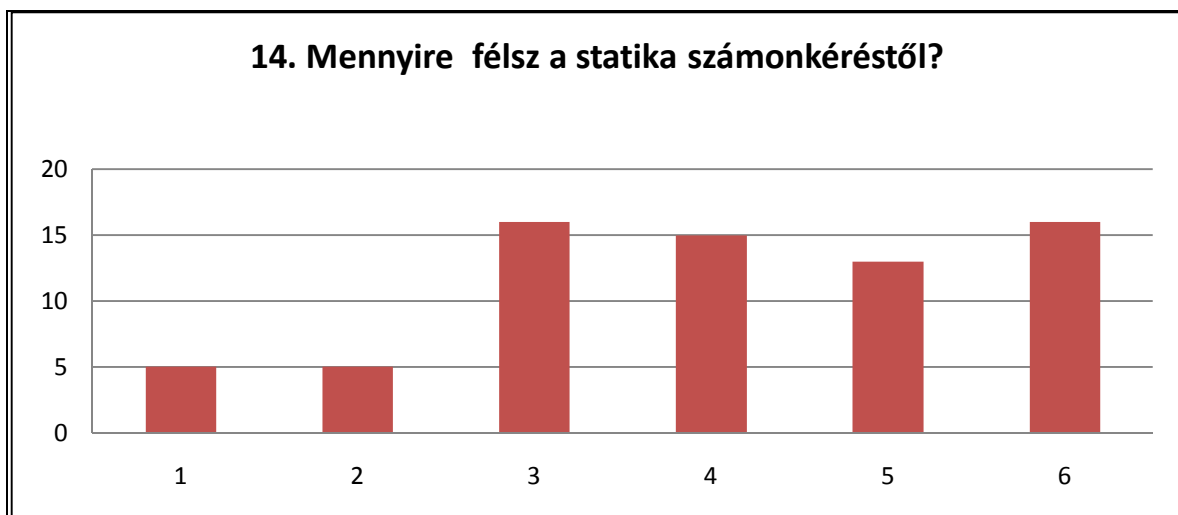
4. ábra: 11. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

73%-ban a tanulók az 1,2,3 skálát jelölték meg, azaz jellemzően nem szeretik a statika, szilárdságtan tantárgyakat, 27%-ban a 4,5,6 skálát jelölték meg.



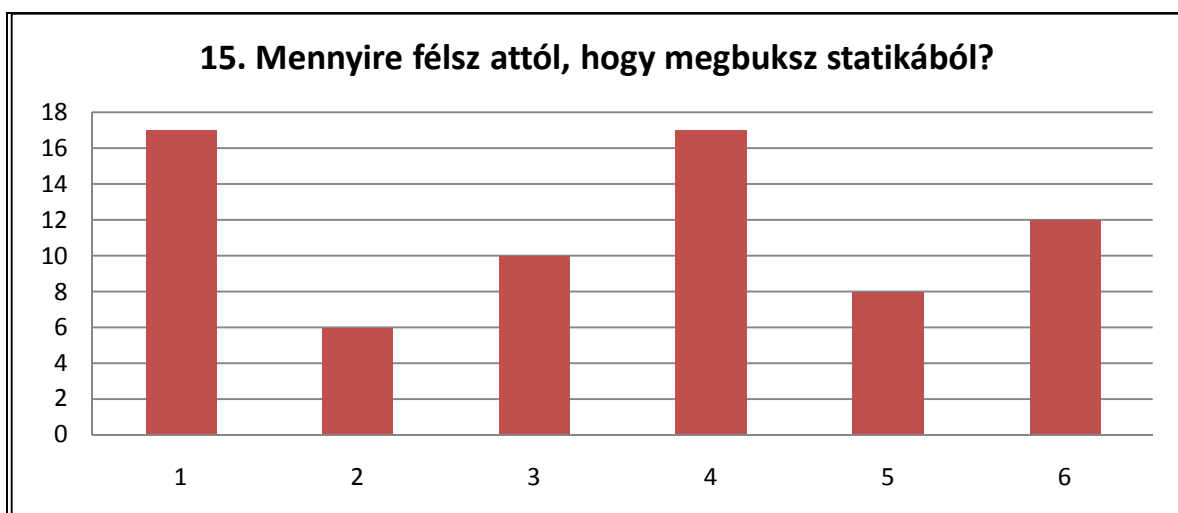
5. ábra: 13. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

61%-ban tanulók az 1,2,3 skálát jelölték meg, azaz jellemzően nem értik a statika, szilárdságtan tantárgyakat, 39%-ban a 4,5,6 skálát jelölték meg.



6. ábra: 14. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

63%-ban a tanulók az 4,5,6 skálát jelölték meg, azaz jellemzően félnek a statika, szilárdságtan számonkérésétől, 37%-ban az 1,2,3 skálát jelölték meg.



7. ábra: 15. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

53%-ban a tanulók az 4,5,6 skálát jelölték meg, azaz többségük fél attól, hogy megbukik statika, szilárdságtan tantárgyakból, 47%-ban az 1,2,3 skálát jelölték meg.



8. ábra: 16. kérdés kiértékelése [Saját forrás.]

A statika, szilárdságtan tantárgyak viszonylag sok egyéni tanulást igényelnek a számpéldák begyakorlása miatt. Ennek ellenére a tanulóknak csak a 8%-a fordít hetente kb. 2-3 órát az ismeretek elsajátítására.

A 12. nyílt végű kérdésre, mely arra kérdez rá, hogy miért nem kedvelt tárgyad a statika, a tanulók a következő válaszokat írták:

„nem igazán értem a tárgyat”, „nehéz értelmezni”, „száraz és tömör, nehéz tanulni”, „nem látom át az ábrákat, nehezen megy”, „nehéz a tantárgy és nem érdekel”, „nehéz megérteni a logikáját”, „nem értem, hogy mit csinálók”.

A 17. nyílt végű kérdésre, mely arra kérdez rá, hogy miből tudsz otthon tanulni, gyakorolni, a tanulók jellemzően a következő válaszokat írták: „füzetből”, „tankönyvből”.

Összegezve a felmérésből látható, hogy a tanulók többsége fontosnak tarja a statika, szilárdságtan tantárgyakat a képzés során (73%), de jellemzően nem szeretik ezeket a tárgyakat (73%), nem értik (61%), félnek a számonkéréstől (63%) és félnek a tantárgyi bukástól (53%). Ennek ellenére kevés időt fordítanak a tanulásra, feltehetőleg azért, mert a füzetben, tankönyvön kívül nincs más segédanyaguk. TDK dolgozatom célja, hogy olyan általam fejlesztett Excel munkalapokat mutassak be, melyek vagy a tanári magyarázat megkönnyítését szolgálják vagy pedig az otthoni tanulást teszik könnyebbé a szemléletes ábrákon keresztül.

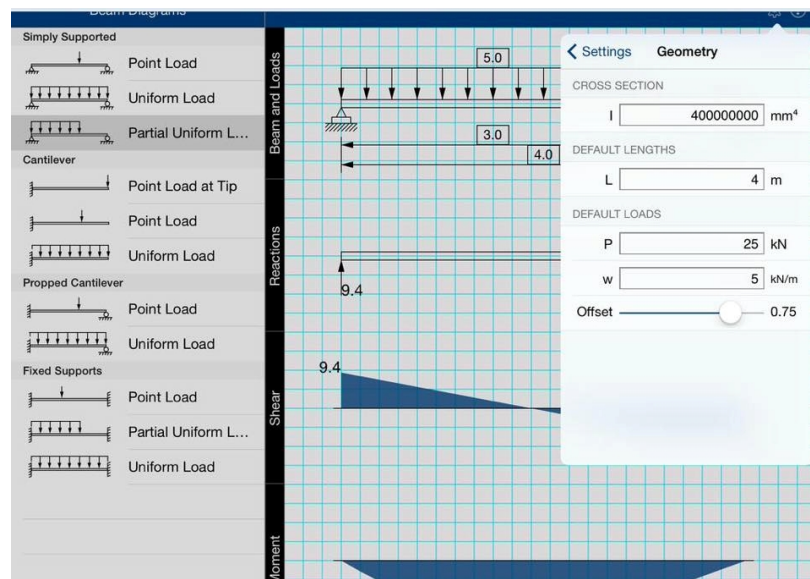
2. SZAKIRODALMI KUTATÁS

Az alkalmazásfejlesztés előtt megpróbáltam különböző forrásokból összegyűjteni, hogy az adott témában milyen korábbi digitális fejlesztések vannak.

2.1. Mobilkommunikációs eszközök

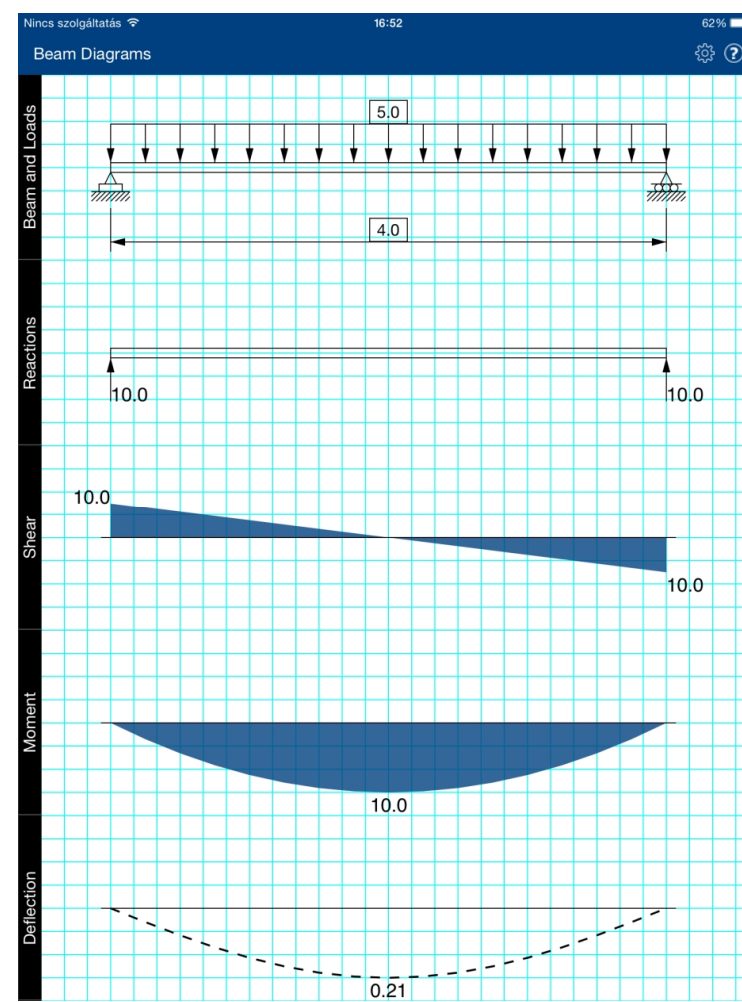
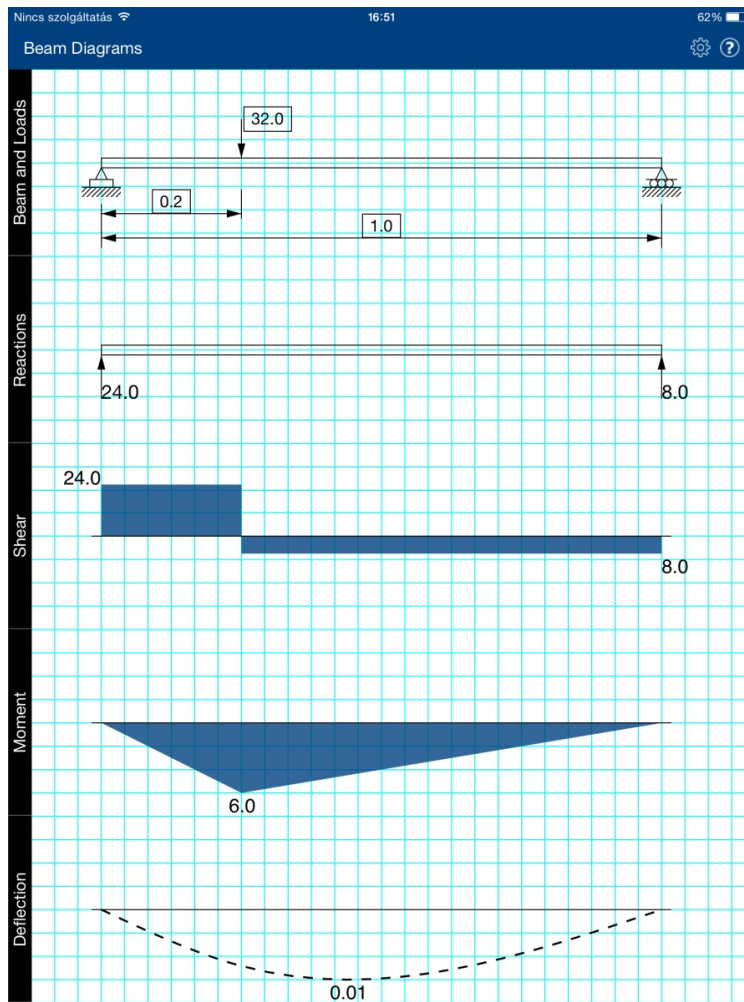
Számos mobilkommunikációs eszközre készült alkalmazás közül választhatunk, ha az eszközök alkalmazás keresőjébe vagy a „beam” vagy a „statics” szók vagy e témához kötődő szavak valamelyikét beírjuk. Apple illetve Android rendszerek statika tárgyú alkalmazásait kipróbálva, kiválasztottam a legkidolgozottabb alkalmazást, melyet pár képen bemutatok a dolgozatomban. Apple iPad készüléken találtam egy iBeams nevű alkalmazást, mely nagyon hasonló felépítésű az általam fejlesztett MS Excel munkalapokhoz. Statikailag határozott és határozatlan tartótípusok is találhatóak az alkalmazáson, a statikailag határozott tartók közül az alábbiakat lehet választani demó verzióban (9. ábra):

- kéttámaszú tartó egy koncentrált erővel (10. ábra)
- kéttámaszú tartó teljes hosszon megoszló erővel (10. ábra)
- kéttámaszú tartó, a tartó egy szakaszán megoszló erővel (11. ábra)
- konzol, melynek végén egy koncentrált erő van (11. ábra)
- konzol, a tartó valamelyik keresztmetszetében egy koncentrált erő van
- konzol, teljes hosszon megoszló erővel

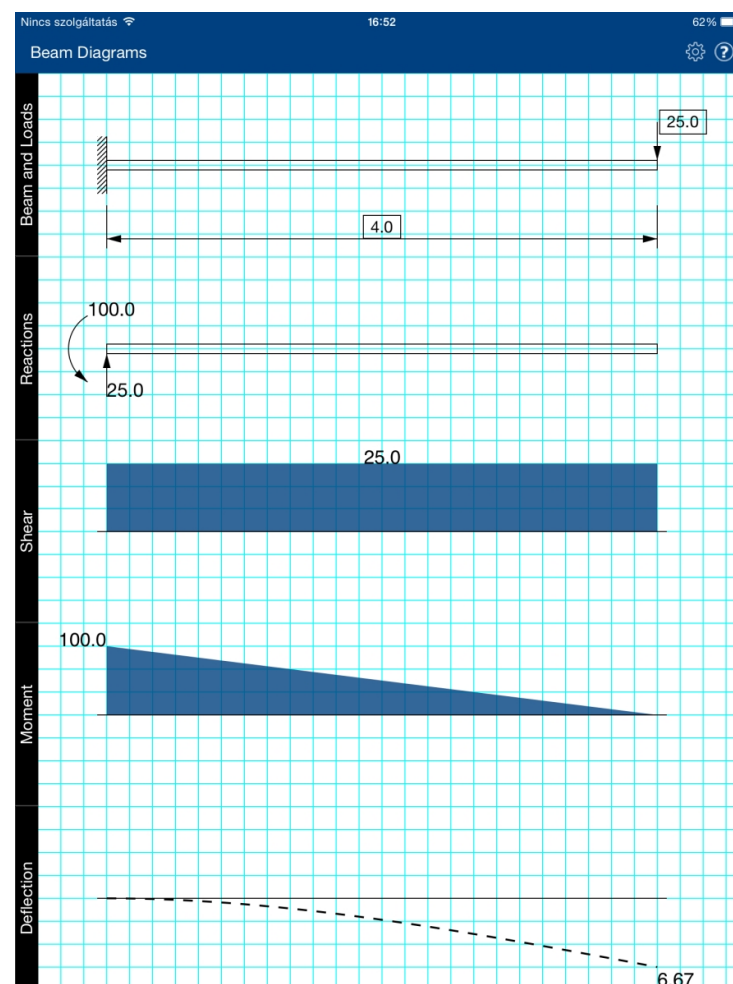
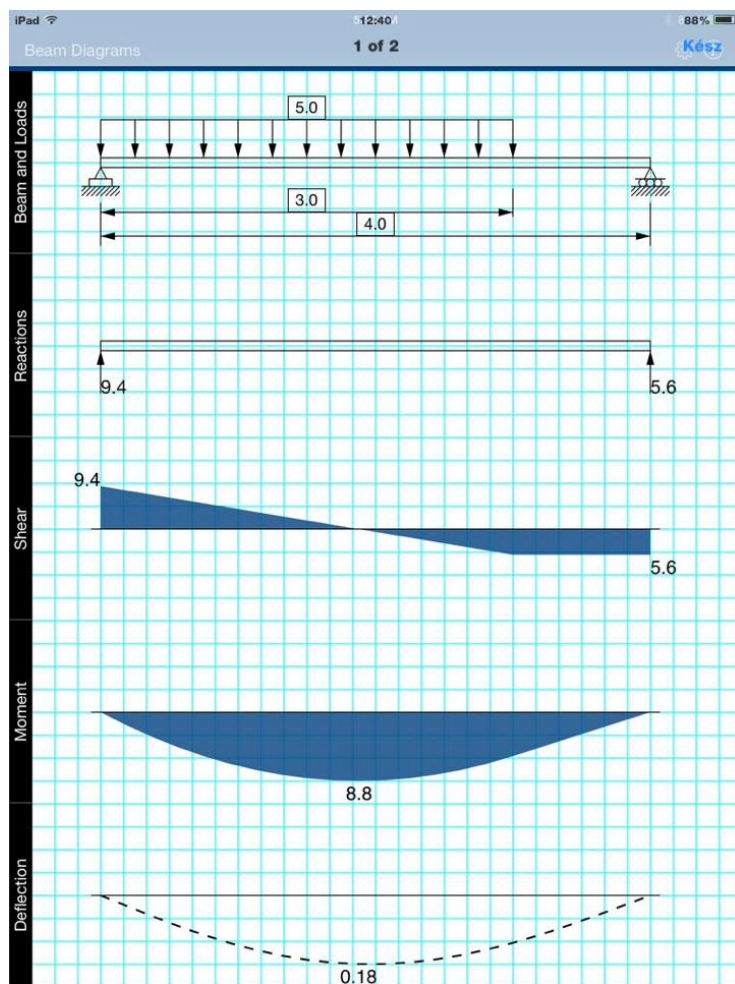


9. ábra: iBeams nevű Apple alkalmazás demó verzióban választható parametrizált tartótípusai

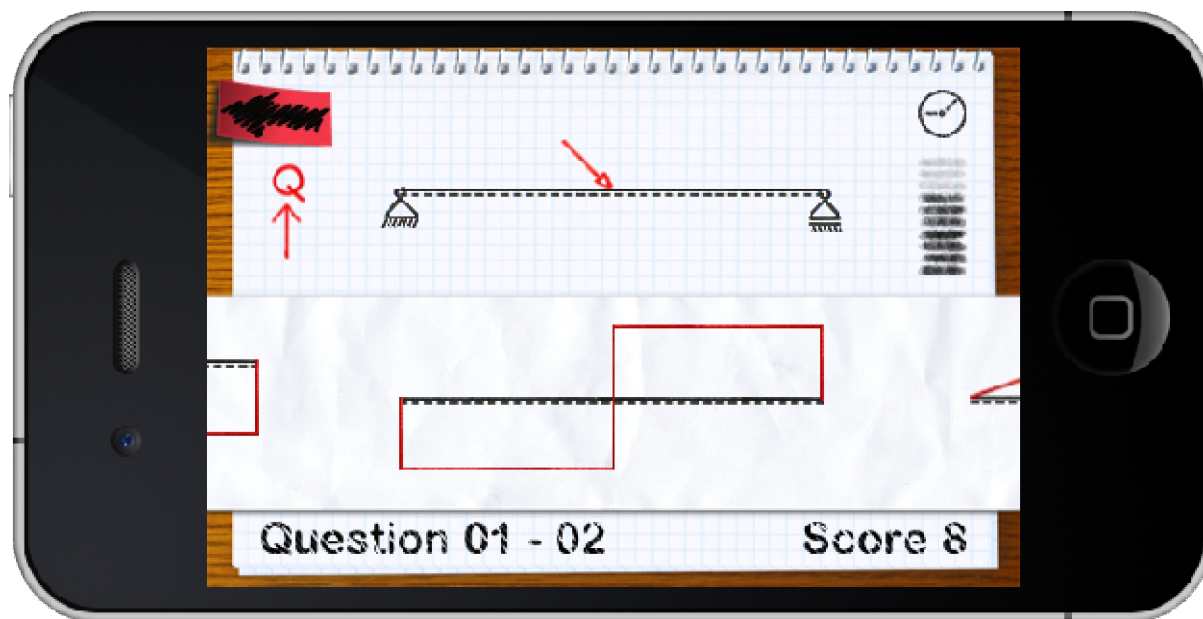
[forrás: Apple iPad]



10. ábra: Egy koncentrált erővel terhelt kéttámaszú tartó igénybevételi ábrái (bal oldalon) illetve teljes hosszán megoszló erővel terhelt kéttámaszú tartó igénybevételi ábrái – iBeams nevű Apple Alkalmazás- (jobb oldalon) [forrás: Apple iPad]



11. ábra: Tartó egy szakaszán megoszló erővel terhelt kéttámaszú tartó igénybevételi ábrái (bal oldalon) illetve egy koncentrált erővel terhelt konzolos tartó igénybevételi ábrái - iBeams nevű Apple Alkalmazás -[forrás: Apple iPad]



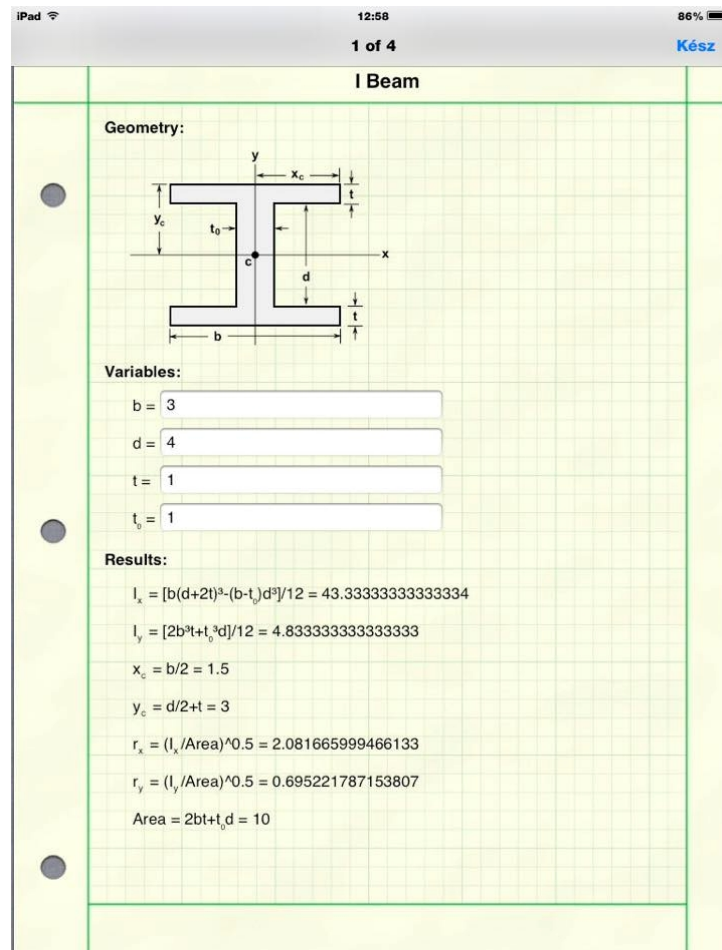
12. ábra: Schnittkraftmeister nevű alkalmazás Android rendszeren [Saját forrás.]

A 12. ábrán olyan interaktív Android alkalmazás láthatunk, ahol a felhasználónak felkínál a program több terhelt statika vázat, és vagy a helyes normálerő vagy a helyes nyíróerő vagy a helyes nyomatéki ábrát kell kiválasztani 3 adott ábra közül. Az alkalmazás számolja a gondolkodási időt és a helyes válaszok számát és a használat végén pontszámmal minősíti a felhasználó tudását. Mivel a legegyszerűbb tartótípusok a legegyszerűbb teheresetekkel szerepelnek, ezért nagyon érdekes, hasznos alkalmazásnak tartom tanulmányok elején járó diákoknak, legfőképpen azért, mert a diákok megfogalmazták, hogy olyan interaktív oktatási segédanyagokkal szeretnek tanulni, ahol viszonylag folyamatosan visszajelzést kapnak a tudásukról. Érdekes volt számomra, amikor az ide tanévem legidősebb tanulója (49 éves) is nagy örömmel fogadta ezt az alkalmazást.

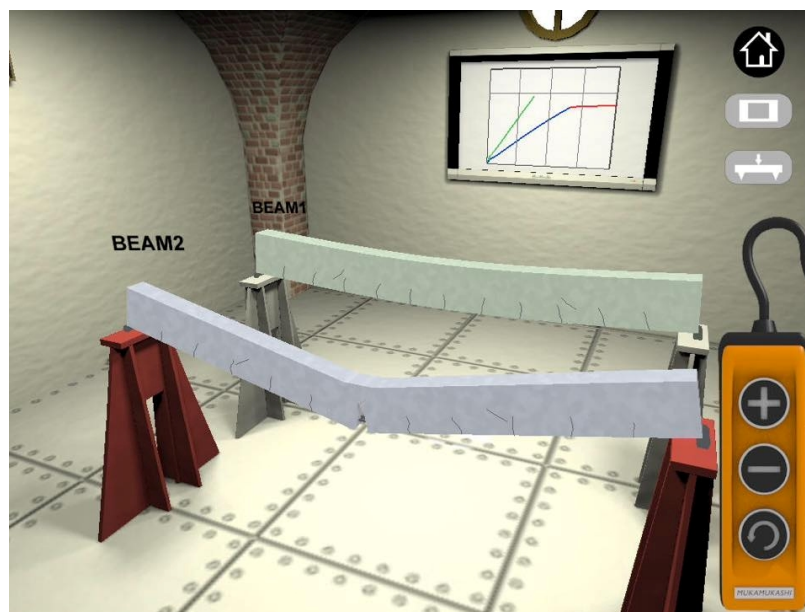
Számos további hasznos, érdekes alkalmazást találtam építészet illetve közlekedésepítő szakmacsoportos tanulóknak: Például:

- tudományos számológép alkalmazás, mely lehetővé teszi szögfüggvényekkel való számolást illetve a többsoros számolást
- síkidomok keresztmetszeti jellemzőinek meghatározására számos Android illetve Apple alkalmazás készült (súlypont, statikai nyomaték, inercianyomaték, inerciasugár, keresztmetszeti tényező, terület) - ilyen például az I Beam nevű Apple alkalmazás- (13. ábra)
- BeamLab nevű alkalmazás, ahol betongerendák törővizsgálatának szimulációja nézhető végig (14. ábra)

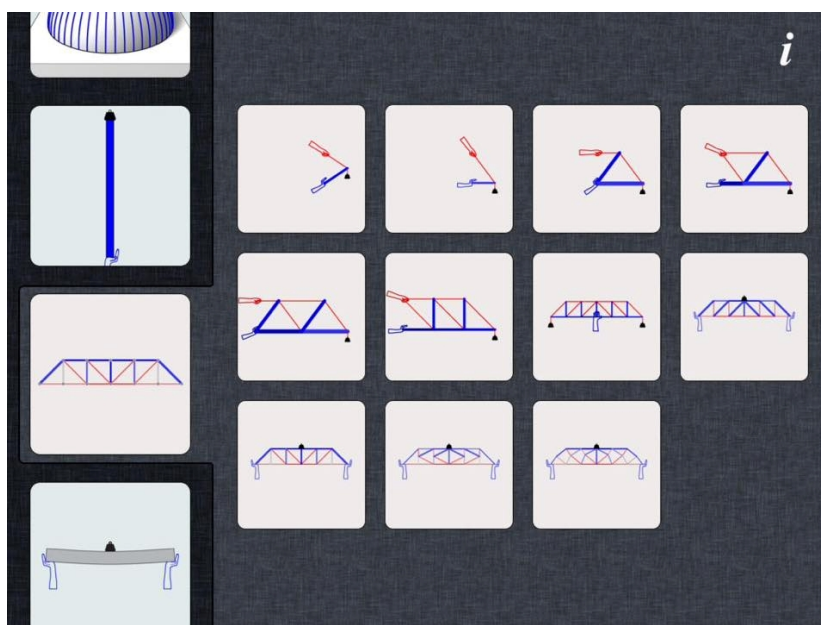
- Structures: a visual exploration nevű alkalmazás, ahol gerendák, kötelek, rácsos tartók, feszített szerkezetek, keretek, oszlopok, ívek, függőhidak erőtan működését lehet végigkövetni képsorozaton vagy mozgó képsoron (15. ábra)
(erről az alkalmazásról egy bemutató videó is elérhető:
<https://www.youtube.com/watch?v=zZb0d8FMg-I>)



13. ábra: I Beam nevű Apple alkalmazás [forrás: Apple iPad]



14. ábra: BeamLab nevű Apple alkalmazás forrás: Apple iPad]



15. ábra: Structures: a visual exploration nevű Apple alkalmazás [forrás: Apple iPad]

2.2. Oktató videó, videotórium

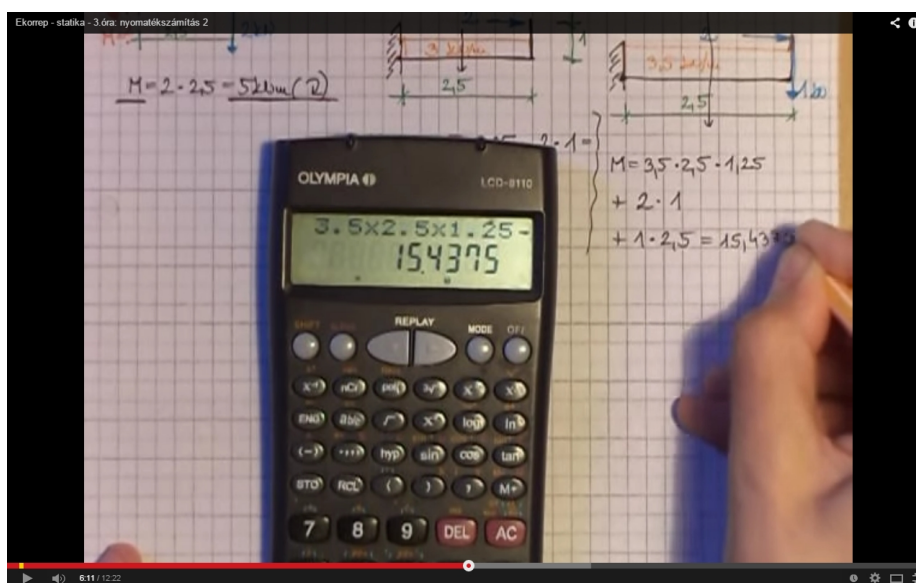
Számos oktató videó elérhető az interneten, ahol a legegyszerűbb statikai példáktól kezdve egészen tudományos témakörökig magyarázatokat, komplex számolási példákat követhetünk végig. Továbbá videotóriumokon egyetemi, főiskolai előadások videofelvételei között válogathat a tanulni vágyó diák.

A Youtube videómegosztó oldalon Filótás Jánosnak 27 „órája” található Ekorrep nevű oktató videó sorozatában [8]. Ezek között vannak képernyővideó programmal rögzített klippek,

illetve videófelvevő eszközzel felvett felvételek (16. és 17. ábra). Filótás János oktatóvideói kimondottan a szakiskola, szakközépiskola tanulóinak készült.

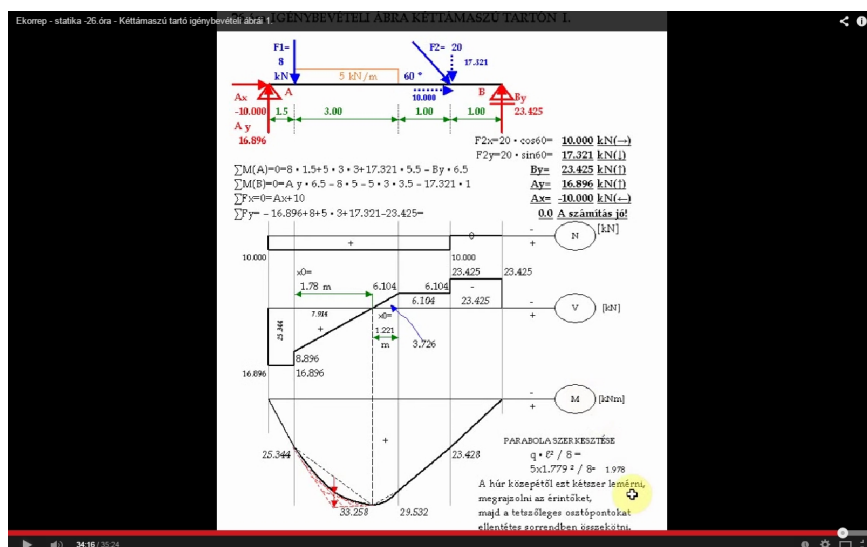
Inkább felsőoktatásban tanuló diákok számára lehet hasznos, de az előző oktatóvideókhoz hasonló felvételeket találhatunk Dr. Hortobágyi Zsolt [10], Szabó Péter[11] illetve Dr. Hantos Zoltán YouTube oldalain[12] is (18. ábra).

Dr. Garai József PhD, egyetemi docens (SZIE-YMÉK, Építőmérnöki Intézet, Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport) „mecha rácsostartó” YouTube oldalán[13] 12 felvett előadást találhatunk rácsos tartó témakörben (19. ábra).



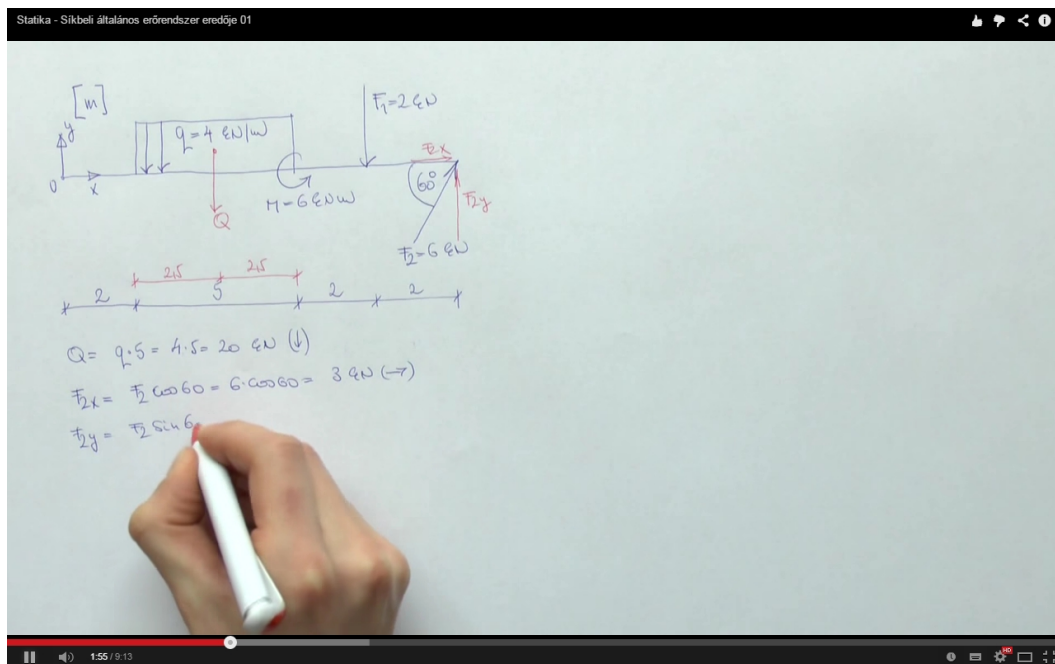
16. ábra: Ekorrep - statika - 3.óra: nyomatékszámítás 2.rész

Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=KK8V3oF15O4>



17. ábra: Ekorrep statika -26.óra - Kéttámaszú tartó igénybevételi ábrái 1.rész

Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=Ogbai8Vwuul>



18. ábra: Dr. Hantos Zoltán Tudásfelhő nevű YouTube csatornája
 Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=nem0004IIP0>



19. ábra Dr. Garai József: „mecha rácsostató” YouTube csatornája
 Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=iM-PMQDQat4>

2.3. Multimédiás oktatászoftver

Filótás János Oktanár nevű interaktív feleltető programja[1] a programozott tanunitás, programozott tanulás elvei alapján készült geodézia, magasépítés, alapozás illetve statika tantárgyakhoz.

A Pedagógiai Lexikon magyarázata szerint a programozott tanulás-tanítás „az oktatásnak az a formája, amely lehetővé teszi, hogy a tanuló a tanulásra előkészített tananyag - program - segítségével, közvetlen tanári irányítás nélkül, egyéni munkával sajátítsa el ismereteket, illetve szerezzen jártasságot, készséget az ismeretekre épülő feladatok megoldásához. [...] Kis egységekre tagolja a tanulmányi anyagot, valamennyi egységben kiváltja a tanuló aktív közreműködését, lehetővé teszi, hogy a tanulók lépésről lépésre önellenőrzéssel győződjék meg válasza, feladatmegoldása helyességéről.” ([7], Nagy 1979, 500.o.)

„Az Oktanár elnevezésű multimédiás programrendszer egy Delphi 7.0. környezetben kifejlesztett „tanárpótló” és „tanárhelyettesítő” alkalmazás. Lehetővé teszi az önálló tanulást is, de alapvető feladata az, hogy a diák folyamatosan sajátítsa el a kívánt tananyagot és ennek sikerességéről visszajelzést is kapjon.

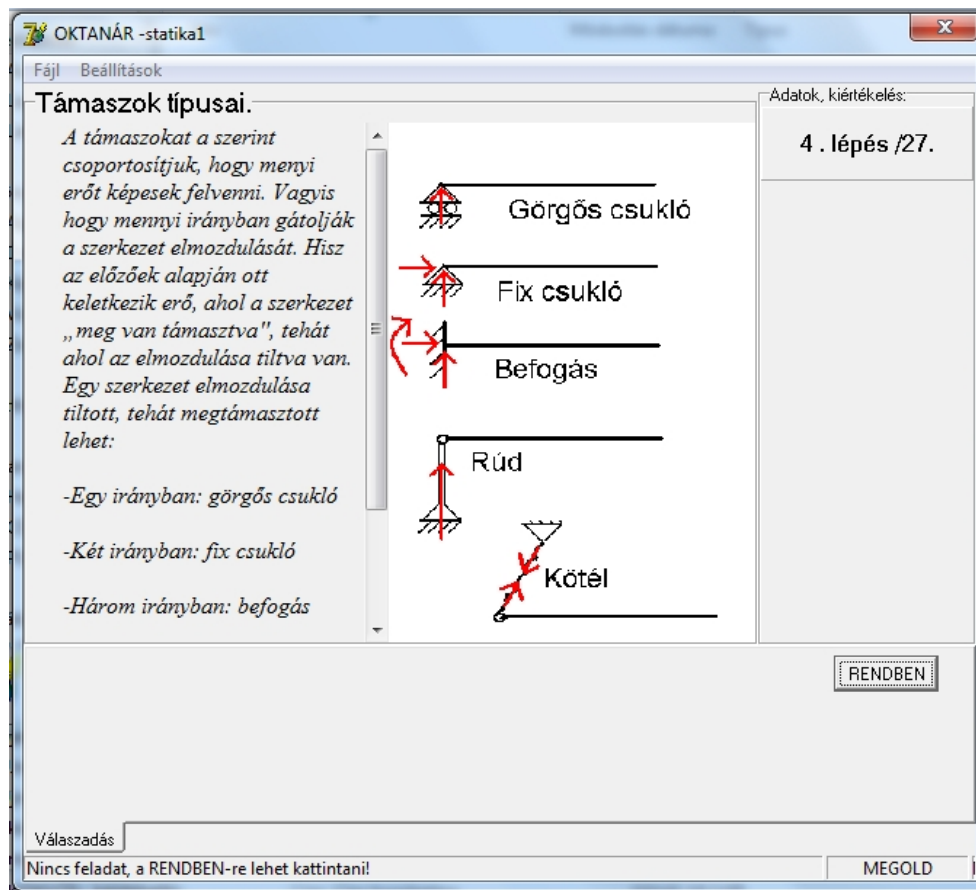
A program feladata kettős:

- *a feldolgozandó tananyag logikai lépésenkénti elsajátíttatása a tanulóval*
- *a tananyaghoz kapcsolódó tudásanyag értékelése a tanulónak feltett kérdések alapján*

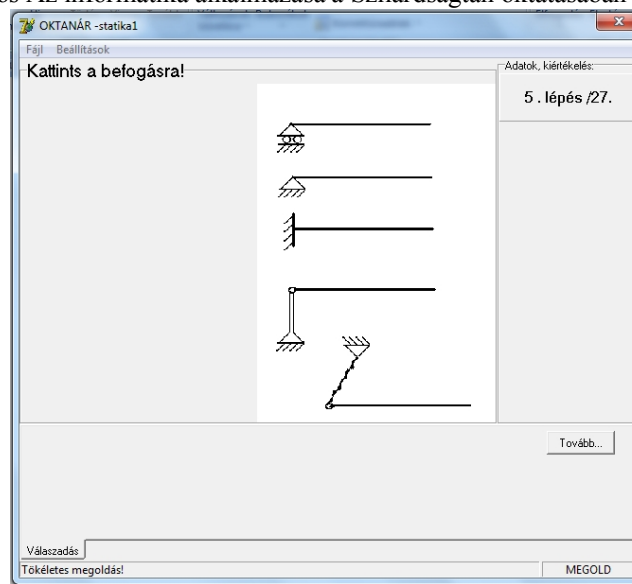
Ezt a két feladatot a program teljesítheti részlegesen, vagy együttesen is (ismeretközlés és értékelés felváltva történő alkalmazásával).¹

A 20. és 21. ábrán a statika tantárgy egyik fejezetének tanulási folyamata látható. A 20. ábrán ismeretközlő funkciójú programrészletről látható egy ábra, ekkor a diák csak elolvassa a kis tananyagot, és ha úgy érzi megértette, akkor a „RENDBEN” gomb megnyomásával folytatódik a tanulási folyamat, ahol a következő lépés már értékelő funkciójú, ahol a diáknak válaszolnia kell úgy (egérkattintással), hogy nem léphet vissza az előbb elolvasott tananyagra (21. ábra). A program jelez rossz illetve jó válasz esetén is, rossz válasz esetén megmutatja a jó választ.

¹ Filótás János: *Az informatika alkalmazása a Szilárdságtan oktatásában (szakdolgozat, 2005)*



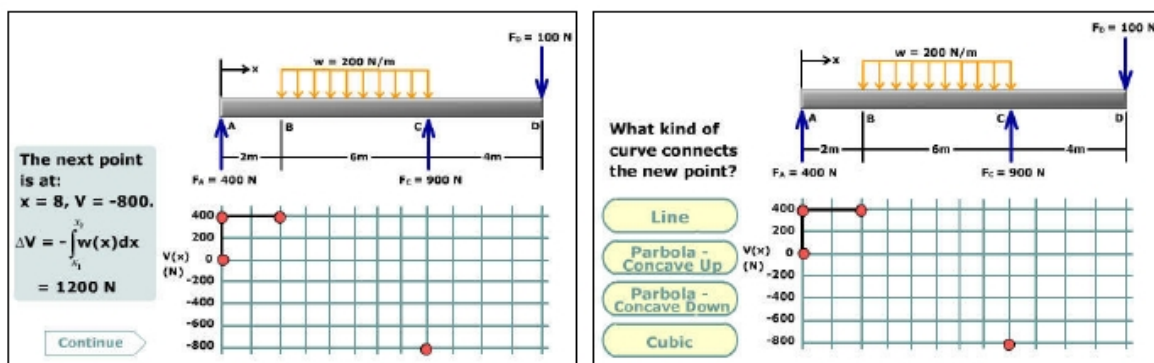
20. ábra: Oktanár interaktív feleltető program – ismeretközlés funkció -
 Forrás: Filótás János Az informatika alkalmazása a Szilárdságtan oktatásában (szakdolgozat, 2005)



21. ábra: Oktanár interaktív feleltető program– feleltető funkció -
 Forrás: Filótás János Az informatika alkalmazása a Szilárdságtan oktatásában (szakdolgozat, 2005)

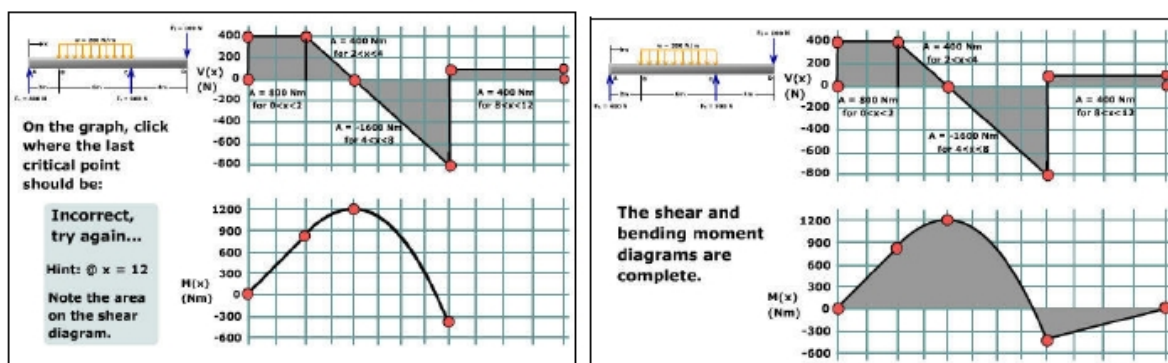
Külföldi szakirodalmat is kutattam, ezek közül egy interakrív fejlesztést mutatok be dolgozatomban [15]. Az alkalmazás minden moduljának indításakor megjelenik egy terhelt tartó és egy négyzetrácsos grafikus felület. A tanulónak meg kell jelölni a megrajzolandó

igénybevételi ábra első kritikus pontját, majd a másodikat, és ha jól jelölte meg a pontokat, akkor az alkalmazás lehetővé teszi, hogy a tanuló kiválassza, hogy a 2 pontot a program milyen görbével kösse össze (lineáris, homorú parabola, domború parabola, harmadfokú). Ha a tanuló jól választott, akkor megjelenik az igénybevételi ábra egy szakasza és a tanuló megjelölheti a következő kritikus pontot majd az összekötő görbe típusát (22. ábra), stb. Ha a tanuló rossz pontot jelölt meg (23. ábra), akkor a program jelzi, hogy nem jó jelölés, és megadja a diagram megfelelő x értékét.



22. ábra: Interaktív igénybevétel rajzoló program: [Forrás:[15]; 7. oldal]

(bal oldalt: kritikus pont megjelölése, jobb oldalon görbe típusának kiválasztása)



23. ábra: Interaktív igénybevétel rajzoló program: [Forrás:[15]; 8. oldal]

(bal oldalon rossz kritikus pont megjelölését láthatjuk, jobb oldalon kész igénybevételi ábrákat)

Számos modul közül lehet választani, különböző tartó típusok közül, valamint különböző terhelések közül (megoszló teher, koncentrált teher, koncentrált nyomatéki teher). A program a diákok egyéni gyakorlását is segítheti valamint interaktív tanórai eszközként is alkalmazható.

2.4. Szakirodalmi kutatás összegzése

E fejezetben bemutatott segédanyagok hasznosak lehetnek olyan diákoknak, akiknek már van jártasságuk a tantárgyakban, de egyik sem alkalmas olyan diák tanulmányainak segítésére, aki statika tanulmányainak elején jár (kivétel az Oktanár nevű program valamint az interaktív igénybevétel rajzoló program), továbbá a kutatott segédanyagok nem alkalmasak tanórai keretek közötti tanári magyarázat segítésére.

Az általam fejlesztendő alkalmazásoknak 2 további előnye van a meglévő segédanyagokhoz képest:

- Tanári magyarázat megkönnyítését is szolgálják.
- Statika tanulmányai elején járó diák számára is hasznos lehet a tananyag megértésében, elsajátításában. Ezáltal a közvetett cél pedig az, hogy a tanulmányok kezdetén minél kevesebb kudarcral találkozzon a diák, és ne vesszen el a számolások rengetegében, hanem elsősorban megértse a tartók erőjátékát, szemlélete alakuljon ki az adott tárgyban.
- A fejlesztőkörnyezet MS Excel, ami könnyen elérhető mindenki számára.

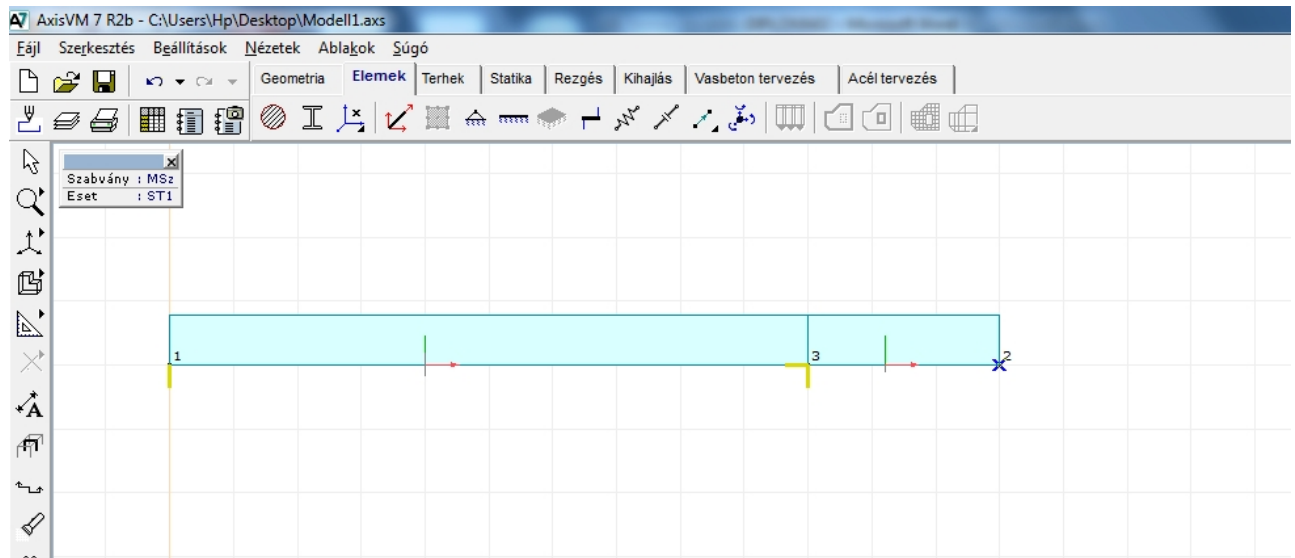
3. IKT ALAPÚ ALKALMAZÁSFEJLESZTÉS A TANULÁSI FOLYAMAT TÁMOGATÁSÁRA

Régóta foglalkoztat az a gondolat, hogy hogyan lehetne statikai feladatok megoldására olyan programot vagy alkalmazást fejleszteni, ami sokak számára elérhető. Ugyanis a jelenleg létező statikai méretező programok csak a tervező mérnökök körében ismert (AxisVM, Fem-Design, Nemetschek, Ansys, Consteel, Sofistik).

Ezeket a programokat a szakképzésbe integrálni a következő okok, problémák miatt nem lenne célszerű:

- A programok használata végeselemes módszer ismeretét igényli, ami felsőoktatási tananyag.
- Költségesek ezek a programok.
- A programok nem tartalmazznak parametrizált tartókat, mint például kéttámaszú tartó vagy konzol vagy gerber tartó, csak csomópont illetve vonal geometriai elemekkel lehet felépíteni a legegyszerűbb tartókat is (24. ábra).
- Olyan adatokat is meg kell adni kezdetben, ami a statikai részhez (reakcióerő számítás, igénybevételi ábrák megrajzolása) nem is szükséges, mint például anyagminőség, szelvény méretek, támaszmerevség. Statika tantárgy követelményeként

a diákok még nem ismerkednek meg ezekkel a fogalmakkal, csak szilárdságtan tantárgy keretén belül.



24. ábra: Bemutató kép egy statikai méretező szoftver grafikus felületéről [Saját forrás]

Beláttam, hogy nagy szükség lenne a szakközépiskola illetve a szakképzési technikus osztályok számára tanulást segítő statikai alkalmazás. Ezután következett a alkalmazásfejlesztés időszaka, melynek főbb lépéseit az alábbiakban ismertetem:

- Korábbi fejlesztések, interaktív tananyagok keresése statika, szilárdságtan, vasbetonszerkezetek tanításához. Ezek részletezése a TDK dolgozat korábbi fejezetében található.
- A szakközépiskolai illetve technikus követelményrendszert, kerettanterveket vizsgálva, megfogalmaztam, hogy a fejlesztendő alkalmazás milyen tananyagot öleljen fel.
- Az alkalmazásfejlesztés legalapvetőbb kérdése volt, hogy milyen fejlesztőkörnyezetben készítem az alkalmazást.
- Az igénybevételi ábrák rajzolása többféle technikával történhet, ezek összehasonlításával eldöntöttem, hogy melyik lehetne a legcélravezetőbb technika a választott fejlesztőkörnyezetben.
- Ezután következett a programozás szakasza az előzőekben megválasztott programban a megválasztott technikával.
- Miután pár munkalap elkészült, a kollégák illetve diákjaim véleményei, tanácsai alapján finomabb módosításokkal egészítettem ki a korábbi munkát, valamint a

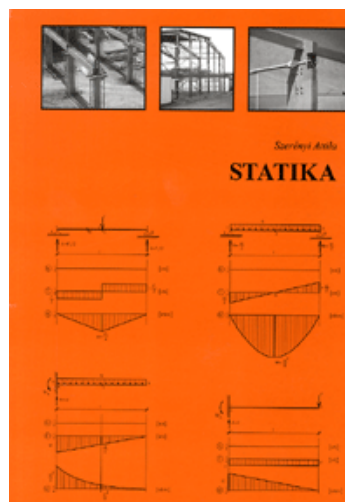
munkalapon különböző jelölésekkel, háttér kialakításával, színezéssel törekedtem minél felhasználóbarátabb felület kialakítására.

- A munkalapok tesztelése, hibaforrások kiszűrése.
- Kérdőíves felméréssel vizsgáltam az alkalmazások tanítási-tanulási folyamatba való beépítésének hasznosságát diák körében, akik között voltak olyanok, akik csak pár hónapja kezdtek el statikát tanulni, valamint olyanok is, akik már évekkal korábban tanultak statikát, szilárdságtant szakképző iskolában vagy felsőoktatásban, és most egy újabb szakképzettség megszerzése miatt a korábbi tudásokat szükséges feleveníteni.

A főbb lépések részleteit a következő fejezetekben ismertetem.

3.1. A tantárgyak tanterveinek, követelményeinek tanulmányozása

A következő lépés a szakképesítések szakmai és vizsgakövetelményeinek, a szakképzési kerettanterveinek tanulmányozása volt, hogy átlássam, hogy milyen tartótípusokat tanulnak a diákok. A 2 jól ismert középiskolai tankönyv példáit is végignéztem (Szerényi Attila: Statika (25. ábra, [3]) illetve Bán Tivadarné: Statika című könyve [4]), valamint kigyűjtöttem az Oktatási Hivatal honlapjáról [8] letölthető korábbi építészeti és építési írásbeli középszintű- illetve emeltszintű érettségi vizsgák azon feladatait, ahol tartószerkezet igénybevételi ábráit kellett megrajzolni a vizsgázónak. A kigyűjtött érettségi példákon [5-6. melléklet] látható, hogy a kétszintű érettségi bevezetése után pár évig csak egy-egy feladat volt vizsgasoronként, ahol a diákoknak igénybevételi ábrát kellett rajzolniuk, míg az elmúlt években egyre többször érettségi feladatlaponként már 2-2 tartót is kaptak a diákok, ahol nagy pontszámokért igénybevételi ábrákat kellett rajzolniuk.



25. ábra: Szerényi Attila: Statika (Tankönyvmester Kiadó, 2006)

[Forrás:<http://bit.ly/1p30g0Z>]

A szakképzési kerettantervben mindenegyik tárgynál olvasható a „tantárgy tanításának célja”⁸ című bekezdés. A 3 tárgynál olvasható bekezdés:

Statika

*„A statikában használt alapfogalmak megtanulása, az erők, erőrendszerek, és tartók sajátosságainak megismerése, a statika alaptételeinek megtanulása. **Az igénybevételek kiszámítása alapján az igénybevételi ábrák megrajzolása. A terhek és az igénybevételek közötti összefüggések, a keresztmetszeti jellemzők meghatározása.**”²*

Szilárdságtan

*„Az alapfogalmak megismerése után lehetőség nyílik a szerkezetek különféle igénybevételekre való méretezésére, ellenőrzésére. Foglalkozik az igénybevételek hatására bekövetkező alakváltozásokkal, a statikailag határozatlan szerkezetekkel. **Használja a statika tantárgy során megszerzett ismereteit.** Statikai terveket készít.”²*

Vasbetonszerkezetek

*„A tárgy tanulása során a diákok megismerkednek az építészeti tevékenység során fontos szerepet játszó vasbeton szerkezetekkel kapcsolatos fogalmi meghatározásokkal. **Használja a statika tantárgy során megszerzett ismereteiket.** Méretezést és ellenőrzést végeznek, szerkezeti terveket készítenek.”²*

A szilárdságtan és vasbetonszerkezet tárgyaknál azt olvashatjuk, hogy „Használja a statika tantárgy során megszerzett ismereteiket.” Így ha az igénybevételi ábrákat a tanuló nem sajátítja el alaposan, akkor a további években is problémája lesz a szakmai tárgyak tanulásakor. Továbbá az is probléma, hogy az igénybevételi ábrák értékeinek számolása nagyon precíz, alapos, odafigyelő munkát igényel, melytől kezdetben a tanulók megijednek. Ezekkel a problémákkal a szakmai tanárok évtizedek óta küzdenek. E problémák miatt válhat szükségessé korszerű tanulási folyamatot támogató alkalmazás fejlesztése. TDK dolgozatomban ez a fő célja.

A szakképzési kerettantervek, szakmai és- vizsgakövetelmények illetve érettségi vizsgafeladatok, szakmai tankönyvek ([3], [3],[5], [6]) tanulmányozásának eredménye az lett, hogy átláttam a követelményeket, melyek szerint határozott tartók képezik a statika törzsanyagát, azon belül pedig a kéttámaszú tartó, konzol, konzolosan túlnyúló kéttámaszú tartó illetve Gerber tartó, valamint ritkán előfordul törttengelyű tartó a tankönyvekben. A tartók terhelése tartótengelyre merőleges illetve szöglet bezáró koncentrált erő, valamint megoszló erő és nagyon ritkán koncentrált nyomatóteher illetve mindezek együttes előfordulása.

²Magasépítő technikus képzés szakképzési kerettanterve ([2]; 40. oldal)

3.2. Programozási környezet megválasztása

Először Windows alkalmazáson gondolkodtam Java programozási nyelvvel. Egyetemi tanulmányaim alatt a kötelező szakmai gyakorlaton ugyanis az volt a feladatom, hogy MS Excelben írt vasbetonszerkezetet méretező alkalmazásokból Java környezetű Windows alkalmazást készítsék. E munka keretében szerzett tapasztalatokat hasznosítottam a TDK dolgozatom megírásánál. A dolgozatomhoz végül Java környezet helyett MS Excel programot választottam, mivel az elmúlt években többször rádöbentem a Microsoft Excel program sokrétű alkalmazási lehetőségeire.

3.3. Igénybevételi ábrák rajzoltatásának technikája

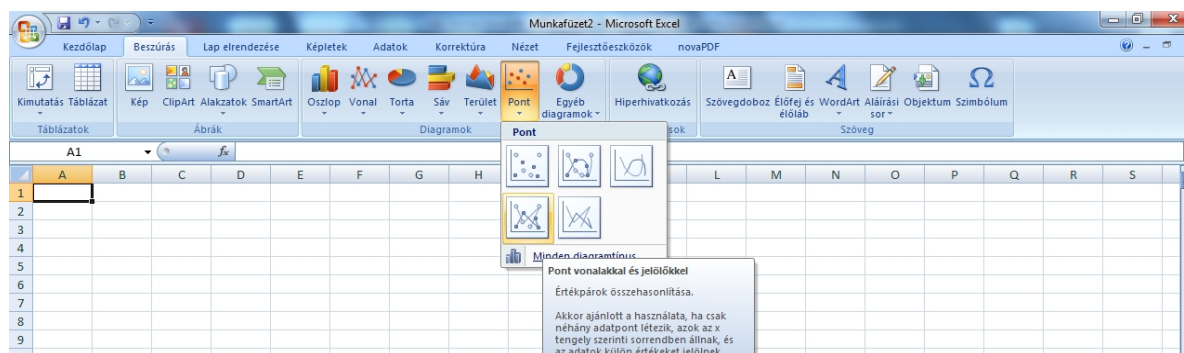
Az MS Excel program választása után még a rajzolási technika kikísérletezése, kigondolása következett, ugyanis függvényeket rajzolni diagrammal is lehet illetve vonalakkal.

(A vonalakkal történő megjelenítést a Microsoft Visual Basic makro programozás használatával láttam lehetségesnek.)

Első elgondolásra a diagrammal történő megjelenítés tűnt egyszerűbbnek, mivel az már a MS Excelből előhívható alkalmazás. Pár próbálkozás után láttam, hogy a diagramkészítő alkalmazással megoldható az igénybevételi ábrák kirajzoltatása, így ez a megoldás maradt.

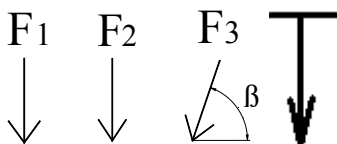
Az igénybevételi ábrák rajzoltatásán túl szükséges volt még magának a tartónak a léptékhelyes megrajzolása is, mivel a témakör tanításában nagy hangsúlyt kap, hogy az igénybevételi ábrák töréspontjai, maximális értékei, valamint az előjelváltozások helye, nullpontok helye pontosan az ábrák felett megrajzolt tartószerkezet megfelelő pontja alá essen, hogy látható legyen, hogy a tartó mely keresztmetszetében milyen igénybevételek ébrednek.

Ezért a geometriai paraméterek megadása után van egy diagram ami, megrajzolja a léptékhelyes tartót. Ehhez az MS Excel „pont vonalakkal és jelölőkkel” nevű kész diagramját választottam (26. ábrán látható).



26. ábra: MS Excel „pont vonalakkal és jelölőkkel ” diagramja [Saját forrás]

A diagram jelölőinek beállításakor nem a program által felkínált jelölőket használtam, hanem AutoCAD programmal megrajoltam az erők, támaszok képét, és a jelölők kitöltésekor ezeket a képeket installáltam az MS Excel programba (27. és 28. ábra). Így a paraméterek változtatásával a diagram egyes pontjai ahogy más helyre kerülnek, úgy rajzolódik ki a léptékhelyes tartó.



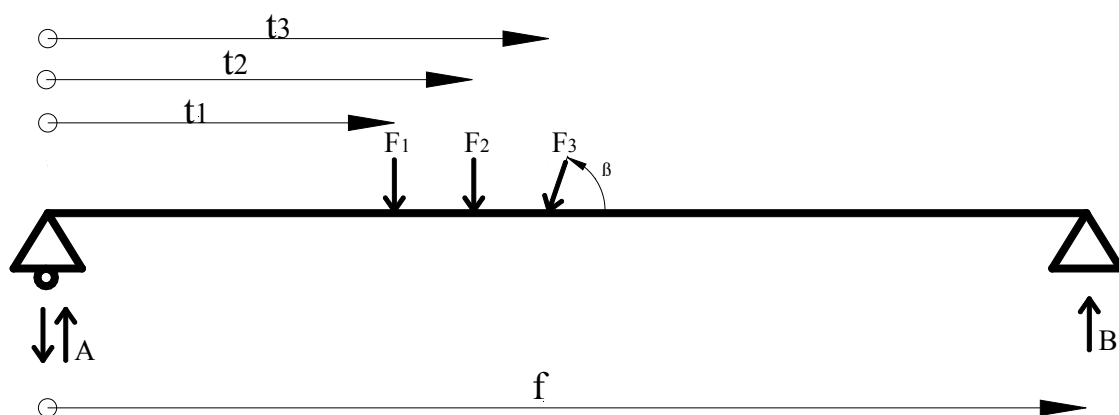
27. ábra: MS Excelbe installált képek a tartó terhelésének jelölésére [Saját forrás]



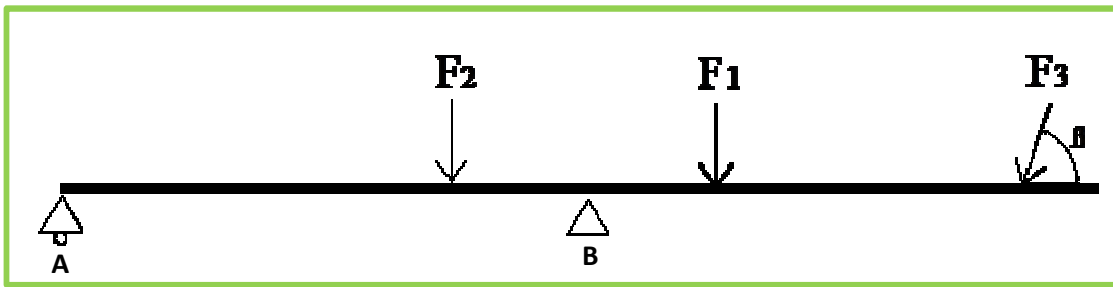
28. ábra: MS Excelbe installált képek a tartó támaszainak jelölésére [Saját forrás]

Ezután a diagramformázás lehetőségeivel úgy alakítottam a tartó diagramját, hogy minél jobban hasonlítson a tankönyv, munkafüzetek ábrázolásmódjához, hogy a diákok minél hamarabb ki tudjanak igazodni a képernyőn. Így a függőleges tengelyt letöröltem, a vízszintes tengely vonalát megvastagítottam, a diagram rácsait valamint az adatfeliratokat eltüntettem, stb. A 30. ábrán látható egy dinamikusan változó diagram, mely a tartót ábrázolja.

Mindenegyes Excel munkalapra beszúrtam egy AutoCAD programban készített képet melyen a paraméterek jelentése jól látható (t_1 , t_2 , t_3 távolságok értelmezéséhez) (29. ábrán látható az egyik elkészült tartó parametrizált képe).



29. ábra: Az egyik munkalapon lévő parametrizált tartó képe [saját forrás.]



30. ábra: Az egyik munkalapon lévő tartó léptékhelyes ábrájának diagramja
($t_1=10\text{m}$; $t_2=6\text{m}$; $t_3=15\text{m}$; $f=8\text{m}$)[Saját forrás.]

Mindenegy Excel munkalapon piros kerettel láttam el azokat a mezőket, ahová a felhasználónak szükséges bevinni a bemeneti adatokat, valamint zöld szegélyezéssel jelöltem azokat a mezőket, diagramokat, melyek a bemeneti adatok változtatásával dinamikusan változnak.

Mindenegy Excel munkalapon jól láthatóan csoportosítva tüntettem fel a szükséges bemeneti adatok részt (tartó geometriai adatai és az erők helye, nagysága), illetve dinamikusan változó kiszámított adatok részt (támasznál ébredő reakcióerő értékek illetve maximális nyomaték helye és értéke).

3.4. Igénybevételi ábrák (más néven belső erő ábrák) szerkesztési szabályai

Jelölések:

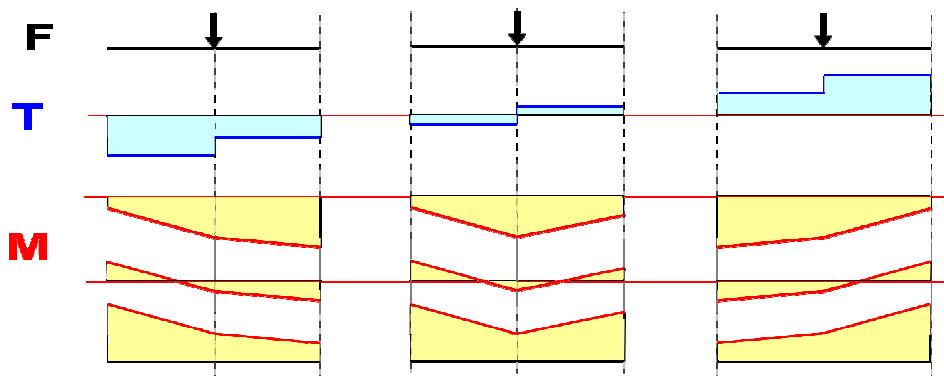
N – normálerő ábra

T – nyíróerő ábra

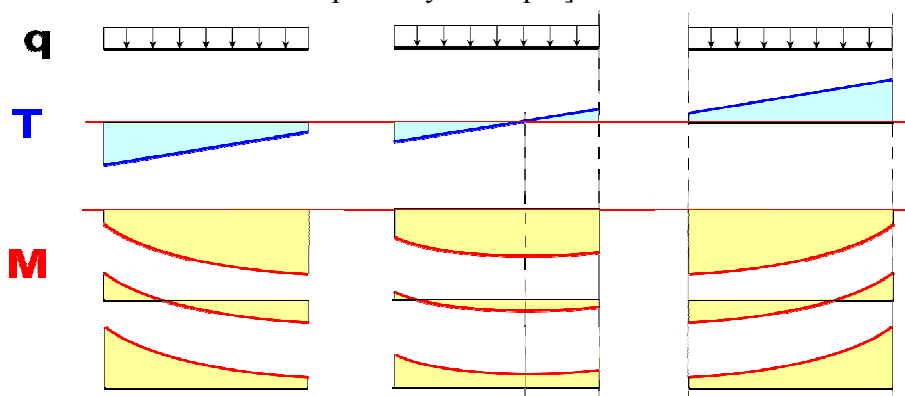
M – hajlító nyomatéki ábra

1. A tartó azon szakaszán, ahol nincs erőhatás, az N és T ábra vonala a tartótengellyel párhuzamosan halad, a nyomatéki ábra vonala lineárisan halad.
2. Koncentrált erő helyén az N és T ábrán az erő megfelelő irányú összetevőjének megfelelő ugrás van, az M ábrában pedig törés van, olyan irányú, amibe az erő „beleilleszkedik” (31. ábra).
3. Megoszló terhelés alatt a T ábra vonala ferde helyzetű egyenes (lineáris), meredeksége a teherintenzitás, az M ábra parabola, adott pontjához húzott érintő iránytangense az adott hely nyíróereje (32. ábra). A nyomatéki ábra görbületének szemléletes szabálya az, hogyha a tartó tengelyét gumiszállal helyettesítjük, akkor amerre a teher görbíti a gumiszálat, olyan görbületű lesz a nyomatéki ábra is. Vagyis a nyomatéki ábra görbéjébe „beleilleszkednek az erők”.

4. A teher ábra és M és T ábra között differenciális kapcsolat van. A teher ábra függvényét integrálva kapjuk a nyíróerő ábrát, és a nyíróerő ábra függvényét integrálva kapjuk a nyomatéki ábra függvényét, valamint visszafele, a nyomatéki ábra függvényét deriválva kapjuk a nyíróerő ábra függvényét és a nyíróerő ábra függvényét deriválva kapjuk a teher függvényét. (további differenciáli összefüggés a tartó lehajlási ábrája és a nyomatéki ábra között van, a nyomatéki ábrát kétszer integrálva kapjuk a lehajlási ábrát, illetve a lehajlási ábrát kétszer deriválva kapjuk a nyomatéki ábrát.)
5. Előző pontból következik, hogy a nyomaték helyi/lokális szélsőértékei ott lépnek fel, ahol a nyíróerő nulla (ahol előjelet vált a nyíróerő ábra).
6. A tartó végein, ha nincs koncentrált nyomaték, akkor a nyomaték nulla.
7. A koncentrált nyomatéki teher helyén, az M ábrán a nyomatéknak megfelelő ugrás van, az N és T ábrán a koncentrált nyomatéki teher nem okoz változást.



31. ábra: Koncentrált teher alatt a nyíróerő ábra illetve a nyomatéki ábra változása (nyíróerő ábrán ugrás az erő alatt nyomatéki ábrán törés az erő alatt) [Forrás: <http://bit.ly/1E3eqCs>]



32. ábra: Megoszló teher alatt a nyíróerő ábra illetve a nyomatéki ábra változása (a nyíróerő függvény lineáris, a nyomatéki ábra másodfokú parabola, valamint ahol a nyíróerő ábrán előjelváltás van, ott van a nyomatéki ábrán szélsőérték) [Forrás: <http://bit.ly/1E3eqCs>]

Az igénybevételi ábrák értékeinek számításakor az igénybevételek definíciói szerint számolhatunk.

Igénybevétel fogalma:

A tartók keresztmetszeteiben a külső erők és hatások következtében belső erők (nyomás, húzás, nyírás, hajlítás), hatások keletkeznek, melyeket összefoglaló néven igénybevételnek nevezünk.

Normáligénybevétel definíciója: A normálerő a tartó tengelyével párhuzamosan, a keresztmetszetre merőlegesen működő belső erő. A tartó bármely keresztmetszetében megkapjuk a normálerő nagyságát, ha a keresztmetszettől balra levő, a tengellyel párhuzamosan működő erőket algebrailag összegezzük.

A normálerő akkor pozitív, ha húzza a keresztmetszetet.

Nyíróigénybevétel definíciója: A nyíróerő a tartó tengelyére merőlegesen, keresztmetszetével párhuzamosan működő belső erő. A tartó bármely keresztmetszetében megkapjuk a nyíróerő nagyságát, ha a keresztmetszettől balra levő, a tengelyre merőlegesen működő erőket algebrailag összegezzük. A nyíróerő pozitív, irányát a pozitív normálerő pozitív 90°-os elfordítása adja.

Nyomatéki igénybevétel definíciója: A tartó bármely keresztmetszetében megkapjuk a nyomaték nagyságát, ha a keresztmetszettől balra levő erők nyomatékainak($\text{erő} \cdot \text{erő távolsága}$ a keresztmetszettől) algebrai összegét számítjuk a keresztmetszet súlypontjára.

A nyomaték akkor pozitív, ha az órával megegyezően forgat. A nyomatéki ábrát a tartó húzott oldalára rajzoljuk.

3.5. MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó 1 koncentrált erővel

A munkalap bemutató példái a 36. és 37 ábrán látható.

Ez a legegyszerűbb tartótípus, kéttámaszú tartó, egy koncentrált erővel, ahol az erő a tartó tengelyére merőleges. A 2 távolsági paraméter megadásával kétféleképpen alakulhat a tartó erőjátéka. Az egyik esetben, amikor $t_1 < t_2$, akkor a tartó alul húzott, míg ha $t_2 > t_1$, akkor a tartó felül húzott lesz. A 36. ábrán látható az első eset egy példája és a 37. ábrán látható a második esetre egy példa. A munkalapon 3 bemeneti adatra van szükség, az erő nagyságára, illetve a fix támasz görgős támasztól való távolságára és az erő távolságára a görgős támasztól. 3 dinamikus változó diagram található a munkalapon, az egyik a tartó léptékhelyes megjelenítése, a másik kettő pedig a nyíró- illetve hajlítóigénybevételi ábra.

Továbbá 2 dinamikus változó adatot jelenít meg az alkalmazás, a 2 támasz helyén ébredő függőleges reakcióerőt.

A munkalapon jól szemléltethető az erő helyének változtatásával az, hogy hogyan változnak az igénybevételi ábrák, valamint az, hogy ahol a tartón koncentrált erő van (külső erő vagy támaszerő), azon a helyen a nyíróerő ábrán ugrás van, a nyomatéki ábrán pedig törés.

3.6. MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó megoszló erővel

A munkalap bemutató példái a 38-41. ábrákon látható.

A megoszló teher alatt a nyomatéki ábra másodfokú parabola, ezért a nyomatéki ábra rajzolásához az Excel „pont görbített vonalakkal és jelölőkkel” elnevezésű diagramját használtam. Ennél a feladatnál szükséges volt egy maximum távolság meghatározása, mely 15 méter lett. A nyomatéki igénybevételi diagramnál és a tartó kirajzolásához szükséges diagramnál is van egy futóváltozó, mely végigmegy 0-tól 15 m-ig 0,5-mel, és minden helyen kiszámolja az x-hez tartozó y értéket. A tartó kirajzolásakor azt vizsgálja 0,5m-ként, hogy az aktuális helyen van-e még teher és ha igen akkor az aktuális helyen $y=0$ értékkel rajzol jelölő segítségével pontot. Mivel a jelölő kitöltésekor beinstallált képet használta, ezért a 34. ábrán látható szimbólumot használja az alkalmazás a beépített jelölő helyett. Ha az adott helyen már nincs teher, akkor a futóváltozó helye helyett a $x=0$ értéknél fogja az alkalmazás $y=0$ értékkel ábrázolni a pontot jelölővel. Így a görgős támasz felett több jelölő is ábrázolva lesz, de ez nem látható a felhasználó számára. A 0,5m-es érték aszerint lett választva, hogy a tartó léptékhelyes kirajzolása után a szimbólumok egymás mellé kerülve, folyamatos megoszló erőt jelölnek a tartó felett. A nyomatéki diagramnál 0,5m-ként kiszámolja a nyomatéki ábra értékeit és ábrázolja. A nyomatéki érték számításához több feltétel vizsgálata is szükséges (t_1 vagy t_2 a nagyobb, vizsgált hely (x) t_1 -nél kisebb-e vagy nagyobb illetve t_2 -nél kisebb-e vagy nagyobb az x , stb.). Részletes algoritmust a nyomatéki diagram x illetve y értékeinek számlálásához a 34. és 35. ábrán látható. A 38. ábrán látható tartó nyomatéki diagramjának adatait tartalmazó táblázatot mutat a 2. táblázat.

2. táblázat: 37. ábrán látható tartó nyomatéki diagram értékeinek számolása [saját forrás]

X(futó)	Diagram x	Diagram y
0	0	0
1	1	-54
1,5	1,5	-73,5
2	2	-88
2,5	2,5	-97,5
3	3	-102
3,5	3,5	-101,5

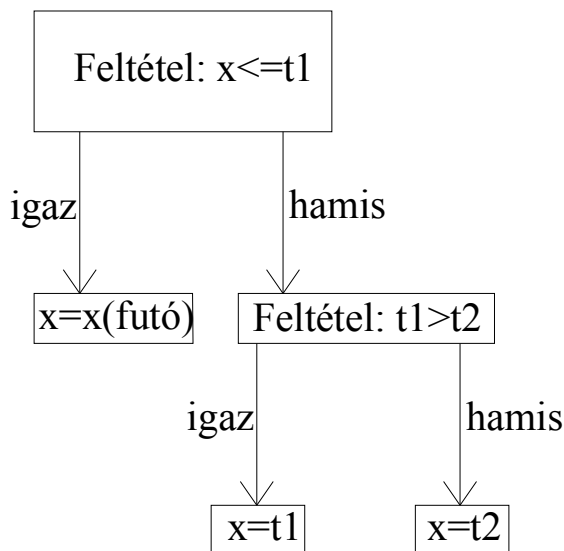
4	4	-96
4,5	10	0
5	10	0
5,5	10	0
6	10	0
6,5	10	0
7	10	0
7,5	10	0
8	10	0
8,5	10	0
9	10	0
9,5	10	0
10	10	0
10,5	10	0
11	10	0
11,5	10	0
12	10	0
12,5	10	0
13	10	0
13,5	10	0
14	10	0
14,5	10	0
15	10	0

A geometriai adatok függvényében a tartó erőjátéka 4 féleképpen alakulhat. A 38. ábrán látható tartónál a megoszló erő hossza megegyezik a 2 támasz közötti távolsággal, így a tartó igénybevételi ábrái szimmetrikusak lesznek. A 39. ábrán a tartó az egyik végén konzolossá válik, mivel a megoszló erő hossza nagyobb, mint a 2 támasz távolsága, és mivel a teher súlypontja nem a 2 támasz közé esik, ezért a tartó teljes hosszon felül húzott lesz. A 40. ábrán látható mintafeladatnál ugyanúgy, mint a 39. ábrán, a tartó egyik oldalt konzolossá válik, de mivel itt a teher súlypontja a 2 támasz közé esik, ezért a tartó egyik felén alul húzott lesz, másik felén felül húzott. A 41. ábrán látható tartónál a megoszló teher nem a teljes tartó hosszán hat, emiatt a nyomatéki igénybevételi ábra teher alatti része másodfokú parabola lesz, míg a terheletlen szakaszon lineáris. A lineáris függvény rajzolása szintén a „pont görbített vonalakkal és jelölőkkel” elnevezésű diagramot használtam, csak annyi különbséggel, hogy a terheletlen szakasz alatt a kiszámított értékek felülírásra kerültek, és minden x értéknél a tartó végpontjára lett felülírva illetve minden pont y értéke 0 értéké lett felülírva. Így valójában a tartó végpontjában több pont is ábrázolva van, és ezt a pontot köti össze a diagram a másodfokú görbe utoljára felvett pontjával.

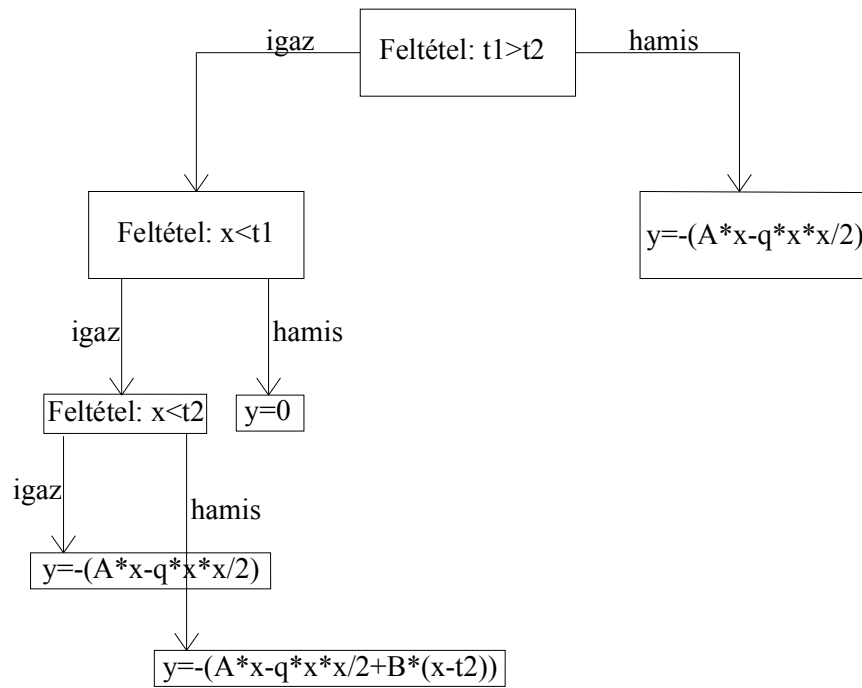
3 adaton lehet változtatni a munkalapon, a 2 támasz közötti távolságon, a megoszló teher hosszán illetve a megoszló teher nagyságán. Az adatok megadása illetve módosítása után 3 diagram és 4 változó adat dinamikusan változik. A 3 diagram közül az egyik a tartó léptékhelyes ábrája a másik kettő pedig igénybevételi ábra (nyíróerő és hajlítóigénybevételi ábra), míg a 4 adat közül 2 reakcióerő (2 támaszban keletkező reakcióerő) 2 pedig a hajlítás szempontjából veszélyes keresztmetszetre vonatkozó adat (keresztmetszet helye a görgős támasztól és az itt ébredő maximális nyomaték értéke)



33. ábra: Megoszló erő képehez szükséges diagramjelölő[Saját forrás]



34. ábra: Nyomatéki diagram x értékének számolási algoritmus[Saját forrás]



35. ábra: Nyomatéki diagram y értékének számolási algoritmus [Saját forrás]

3.7. MS Excel munkalap Kéttámaszú tartó 3 koncentrált erővel

A munkalap bemutató példája a 42. és 43. ábrán látható.

Mivel ennél a tartónál eléggé sokféleképpen alakulhat az erőjáték a felhasználó adatbevétele után, ezért ennek a munkalapnak a programozása eltér az előző két feladattól. $4!=24$ féleképpen lehet ugyanis sorba rendezni (ismétlés nélküli permutáció) a 3 erőt és a fix támaszt. A diagramok adataihoz szükség volt a geometriai adatok növekvő sorba rendezésére (t_1 , t_2 , t_3 , f adatok). Van az MS Excelben egy lehetőség, mely a kijelölt cellákban növekvő sorba rendezi az adatokat. Ahhoz, hogy ne a felhasználónak kelljen minden egyes adatváltoztatás után kijelölni a cellákat és sorba rendeztetni, ezért készítettem egy makrót, mely ezt a gépiesített műveletet elvégzi. A diagramok adatainak számolása másik munkalapon történik. Makrorögzítő elindítása után egyszer a megfelelő cellákat kijelöltem a háttér munkalapon és sorba rendeztettem az adatokat, így a makrorögzítő legenerálta a Visual Basic kódját a műveleteknek (3. mellékletben található a kód). Azért, hogy ne billentyűkombinációval kelljen az adatok változtatása után lefuttatni a makrót, ezért munkalapon létrehoztam egy alakzatot, melyhez hozzárendeltem a makrót. Így a makrót a grafikus objektum érzékeny területéről („frissítés gomb”) el lehet indítani rákattintással. A 42-43. ábrákon látható az alkalmazás felülete.

Mivel ennél a feladatnál az egyik erőnek lehet vízszintes komponense is, ezért a tartóban normálerő is keletkezhet, tehát az alkalmazás itt már 3 igénybevételi ábrát (diagramot) rajzol (43. ábra). Az alkalmazáshoz 8 adat bevétele szükséges: a 3 erő támadáspontjának a helye a görgős támasztól, a 3 erő nagysága, az F3-as erő tartótengellyel bezárt szöge és a fix támasz görgős támasztól mért távolsága. Az adatok bevétele vagy módosítása és a „frissítés gomb” megnyomása után a program dinamikusan változtat 4 diagramot (tartó léptékhelyes ábráját valamint a nyíróerő diagramot, hajlítói igénybevételi diagramot és normálerő diagramot) és 3 változó adatot (a 2 támasz függőleges reakcióerejét és a fix támaszban keletkező vízszintes erőt).

Programhasználati leírást készítettem a 3 Excel fájlhoz (4. melléklet). A Kéttámaszú tartó 3 koncentrált erővel nevű Excel fájl csak 2007-es Microsoft Office környezetben használható, mivel a fájl makrobarát verzióban van elmentve (xlsm kiterjesztésű). A fájl megnyitása után a makrók használatát engedélyezni kell.

Kéttámaszú tartó koncentrált erővel			
Szükséges adatok		Kiszámított adatok	

t1 (erő helye a görgős csuklótól) [m]

6

t2 (fix csukló helye a görgős csuklótól)[m]

12

F erő értéke [kN]

20

A (támaszerő)

10

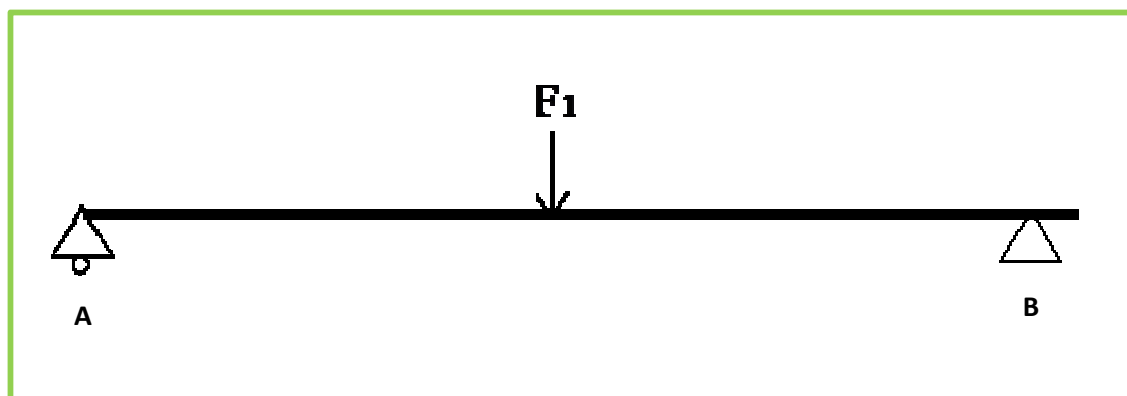
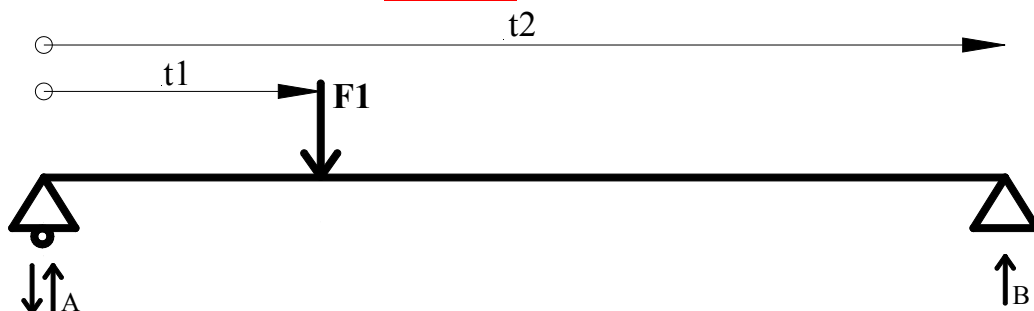
[kN]

B (támaszerő)

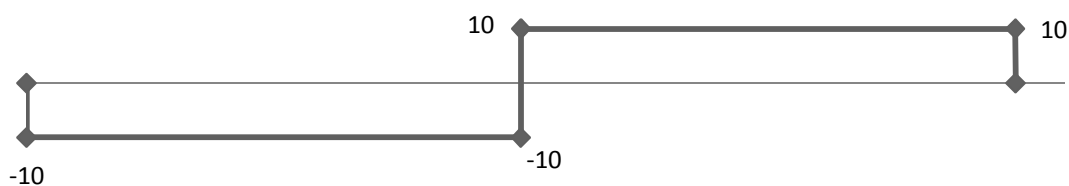
10

[kN]

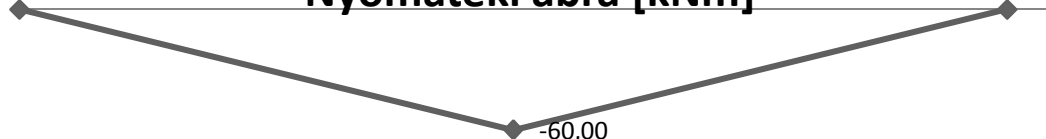
Megj. Ha a támaszerő előjele negatív, akkor lefelé mutat.



Nyíróerő ábra [kN]



Nyomatéki ábra [kNm]



36. ábra: MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó 1 koncentrált erővel; $t_1 < t_2$ esetén [Saját forrás.]

Kéttámaszú tartó koncentrált erővel			
Szükséges adatok		Kiszámított adatok	

t1 (erő helye a görgős csuklótól) [m]

15

t2 (fix csukló helye a görgős csuklótól)[m]

12

F erő értéke [kN]

10

A(támaszerő)

-2,5

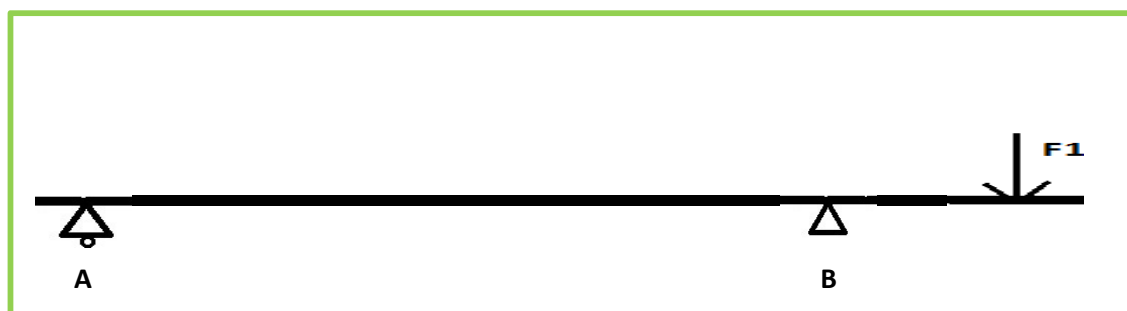
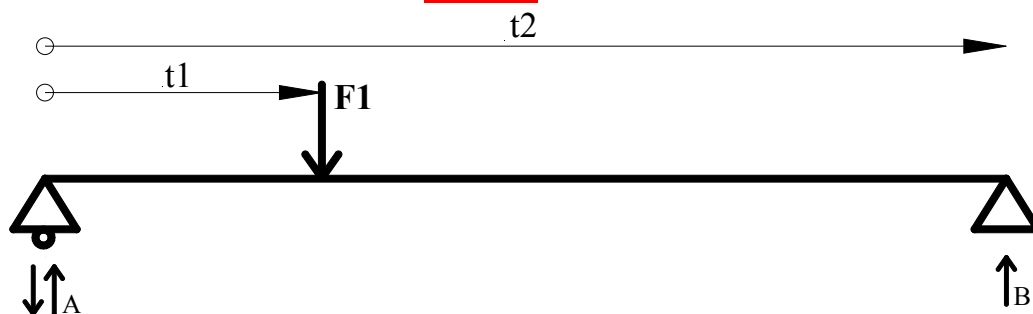
[kN]

B (támaszerő)

12,5

[kN]

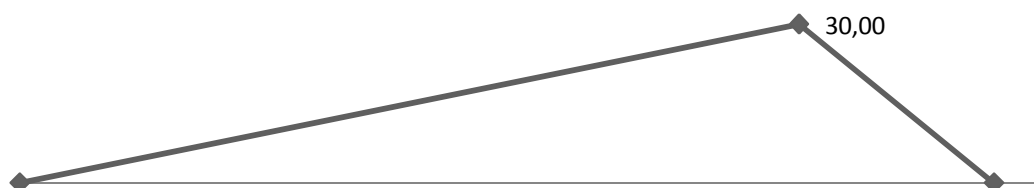
Megj. Ha a támaszerő előjele negatív, akkor lefelé mutat.



Nyíróerő ábra [kN]

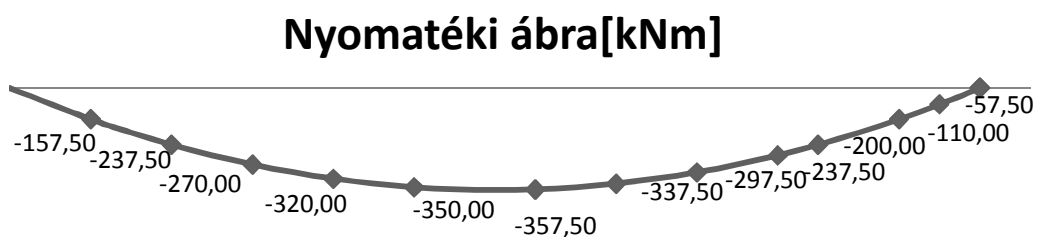
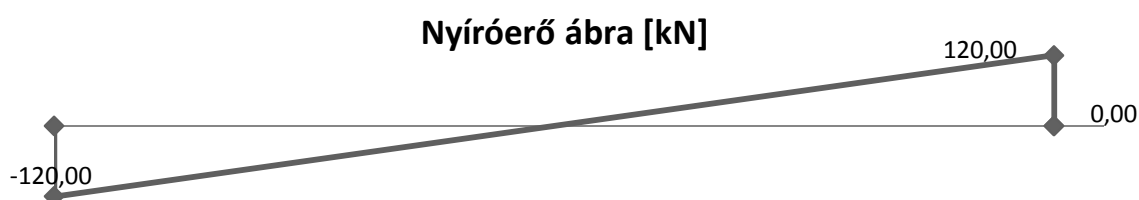
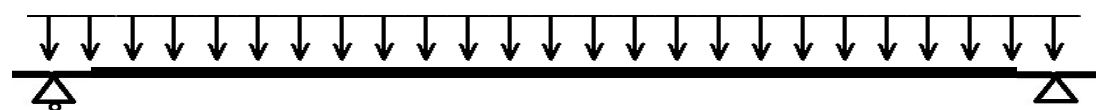
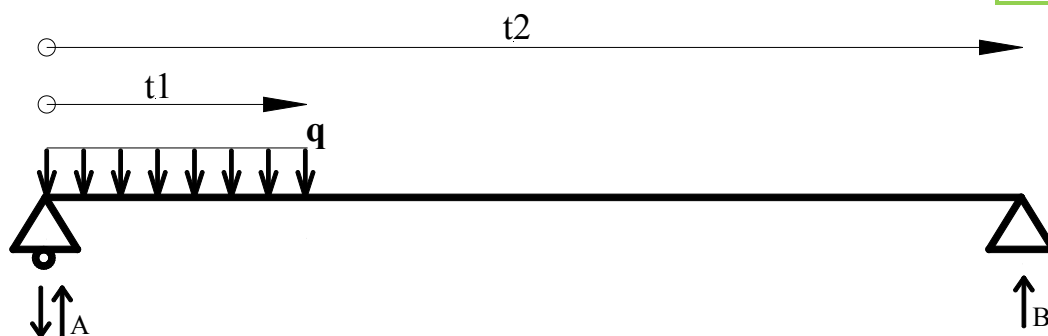


Nyomatéki ábra [kNm]



37. ábra: MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó 1 koncentrált erővel; $t_1 > t_2$ esetén[Saját forrás.]

Kéttámaszú tartó megoszló erővel			
Szükséges adatok		Kiszámított adatok	
t1 (erő hossza a görgős csuklótól) [m]	12	A(támaszerő)	120 [kN]
t2 (fix csukló helye a görgős csuklótól)[m]	12	B (támaszerő)	120 [kN]
q erő nagysága [kN/m]	20	Megj. Ha a támaszerő előjele negatív, akkor lefelé mutat.	
Megj. t1 illetve t2 értéke is max. 15m lehet.		Max. nyomaték értéke:	-360 [kNm]
		Max. nyomaték helye:	6 [m]



38. ábra: MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó megoszló erővel; t1=t2 esetén[saját forrás]

Kéttámaszú tartó megoszló erővel	
Szükséges adatok	Kiszámított adatok

t1 (erő hossza a görgős csuklótól) [m]	15
t2 (fix csukló helye a görgős csuklótól)[m]	5
q erő nagysága [kN/m]	20

A(támaszerő) -150 [kN]

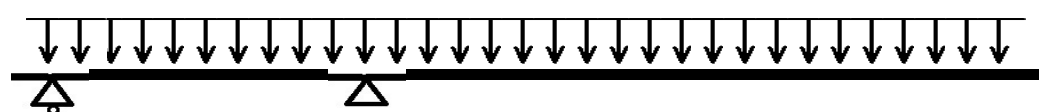
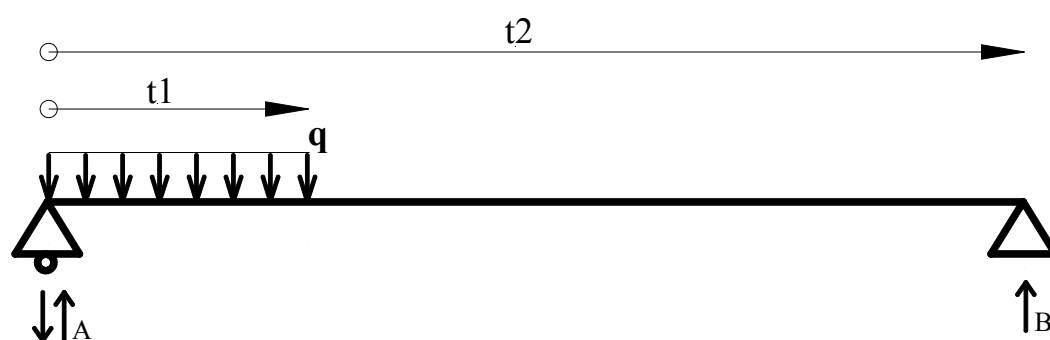
B (támaszerő) 450 [kN]

Megj. Ha a támaszerő előjele negatív, akkor lefelé mutat.

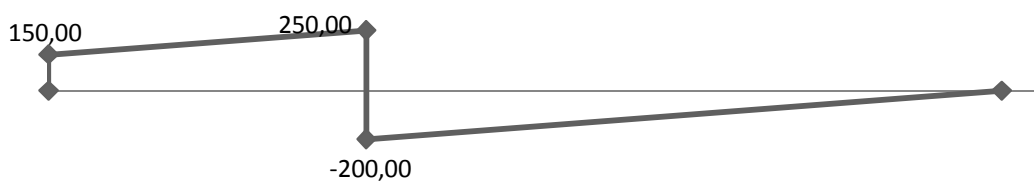
Max. nyomaték értéke: 1000 [kNm]

Max. nyomaték helye: 5 [m]

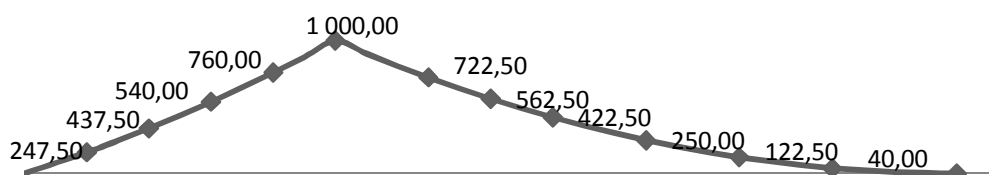
Megj. t1 illetve t2 értéke is max. 15m lehet.



Nyíróerő ábra [kN]

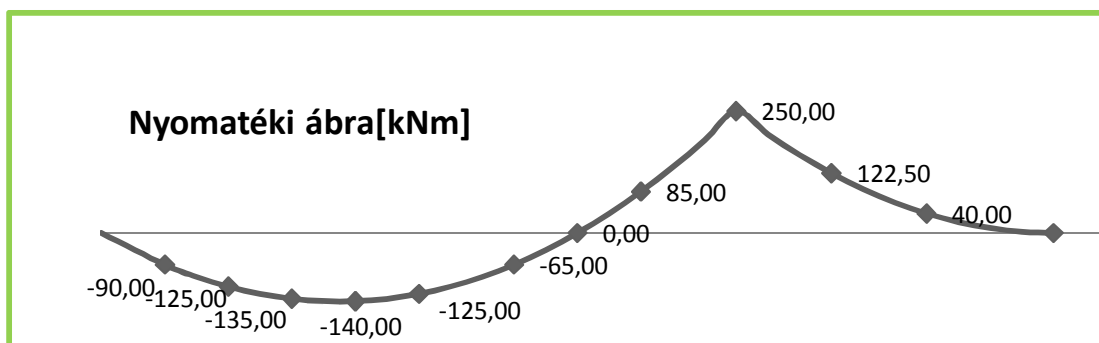
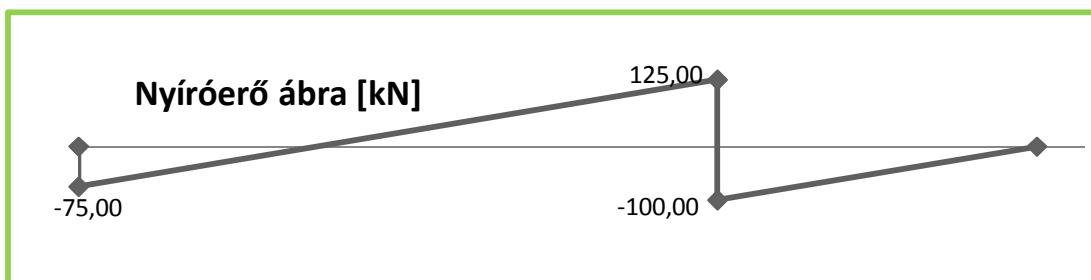
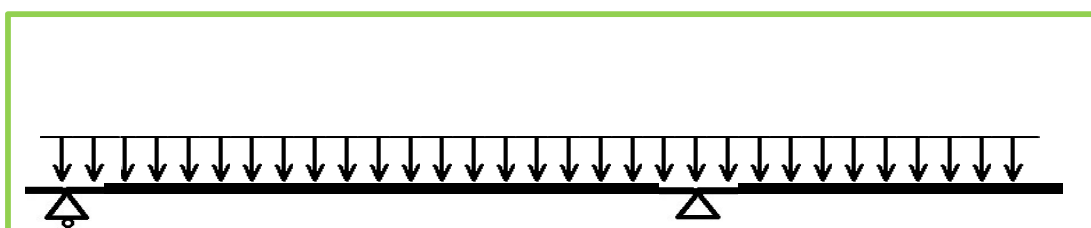
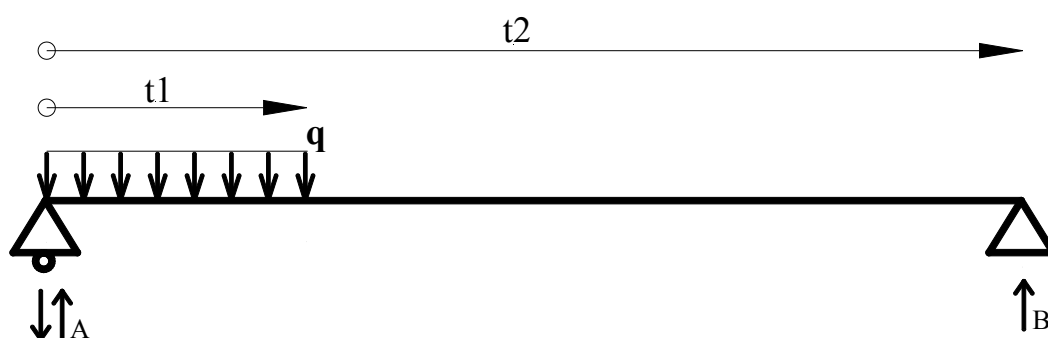


Nyomatéki ábra[kNm]



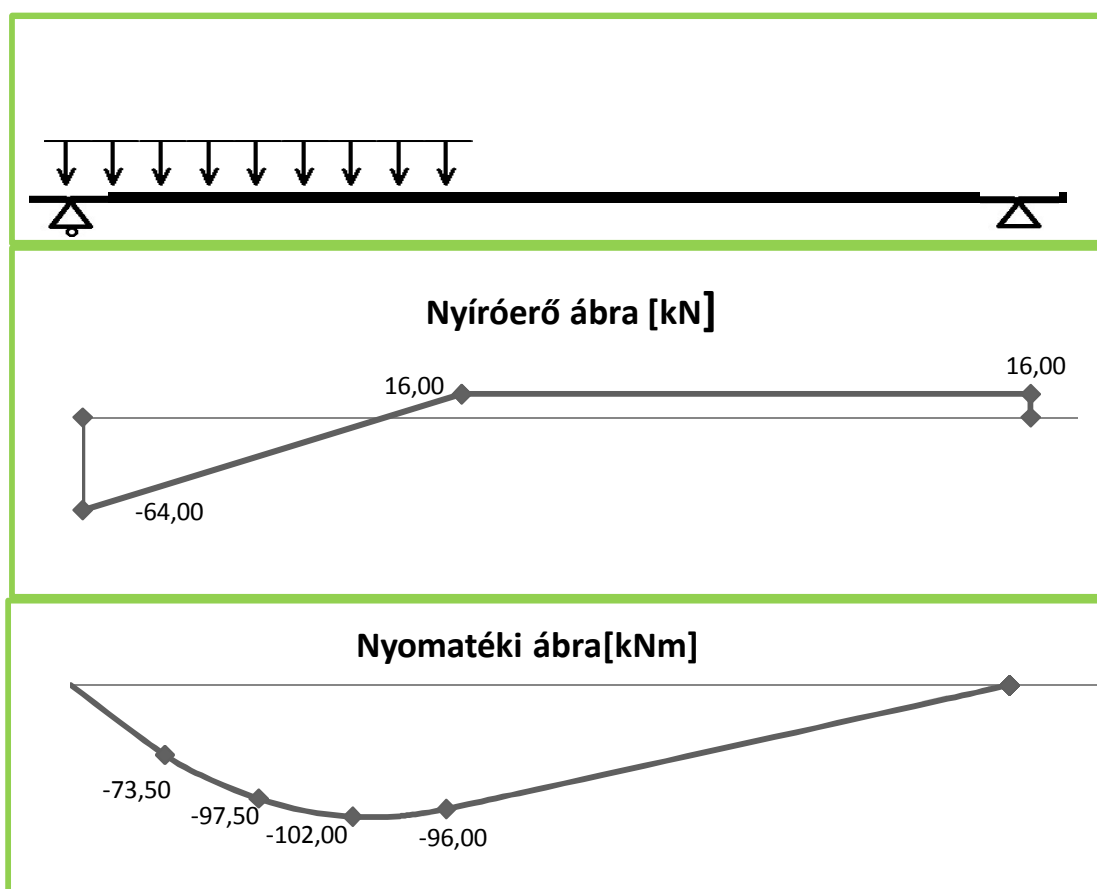
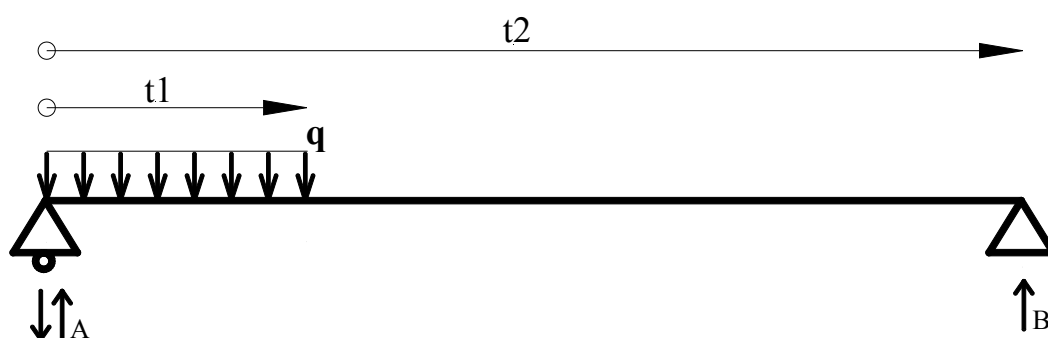
39. ábra MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó megoszló erővel; $t_1 > t_2$ esetén, felül húzott tartó[saját forrás]

Kéttámaszú tartó megoszló erővel			
Szükséges adatok		Kiszámított adatok	
t1 (erő hossza a görgős csuklótól) [m]	15	A(támaszerő)	75 [kN]
t2 (fix csukló helye a görgős csuklótól)[m]	10	B (támaszerő)	225 [kN]
q erő nagysága [kN/m]	20	Megj. Ha a támaszerő előjele negatív, akkor lefelé mutat.	
Megj. t1 illetve t2 értéke is max. 15m lehet.		Max. nyomaték értéke:	-140,625 [kNm]
		Max. nyomaték helye:	3,75 [m]

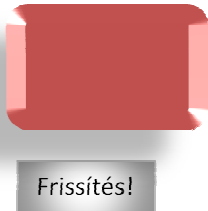


40. ábra: MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó megoszló erővel; $t_1 > t_2$ esetén, alul és felül is húzott tartó[saját forrás]

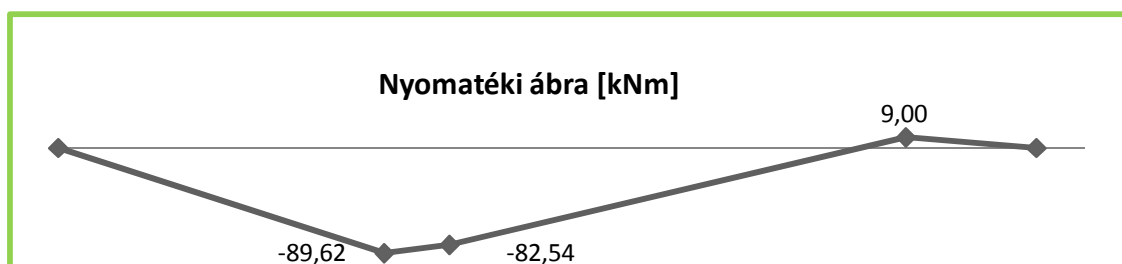
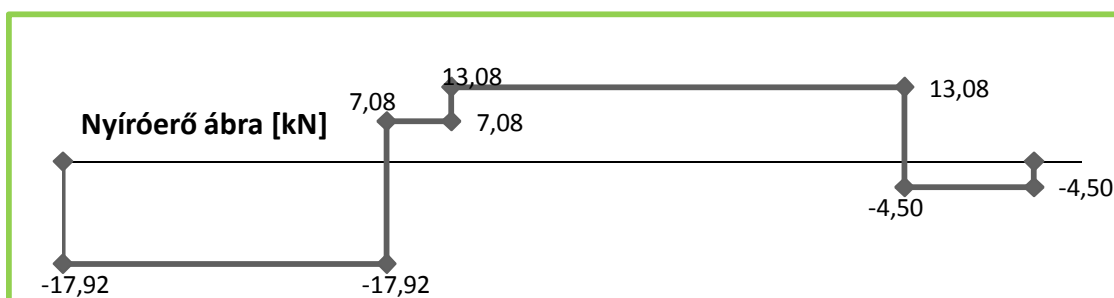
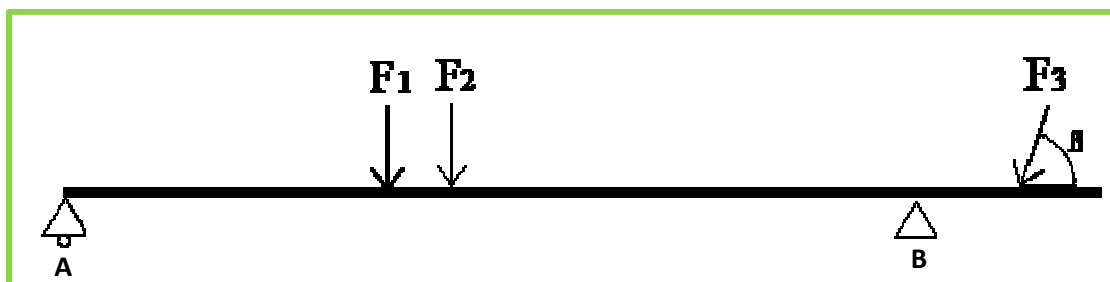
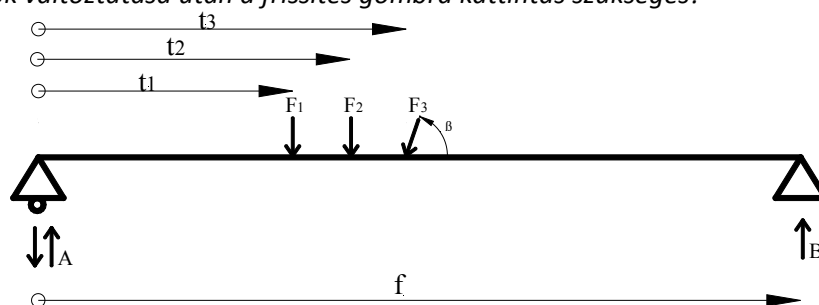
Kéttámaszú tartó megoszló erővel			
Szükséges adatok		Kiszámított adatok	
t1 (erő hossza a görgős csuklótól) [m]	4	A(támaszerő)	64 [kN]
t2 (fix csukló helye a görgős csuklótól)[m]	10	B (támaszerő)	16 [kN]
q erő nagysága [kN/m]	20	Megj. Ha a támaszerő előjele negatív, akkor lefelé mutat.	
Megj. t1 illetve t2 értéke is max. 15m lehet.		Max. nyomaték értéke:	-102,4 [kNm]
		Max. nyomaték helye:	3,2 [m]



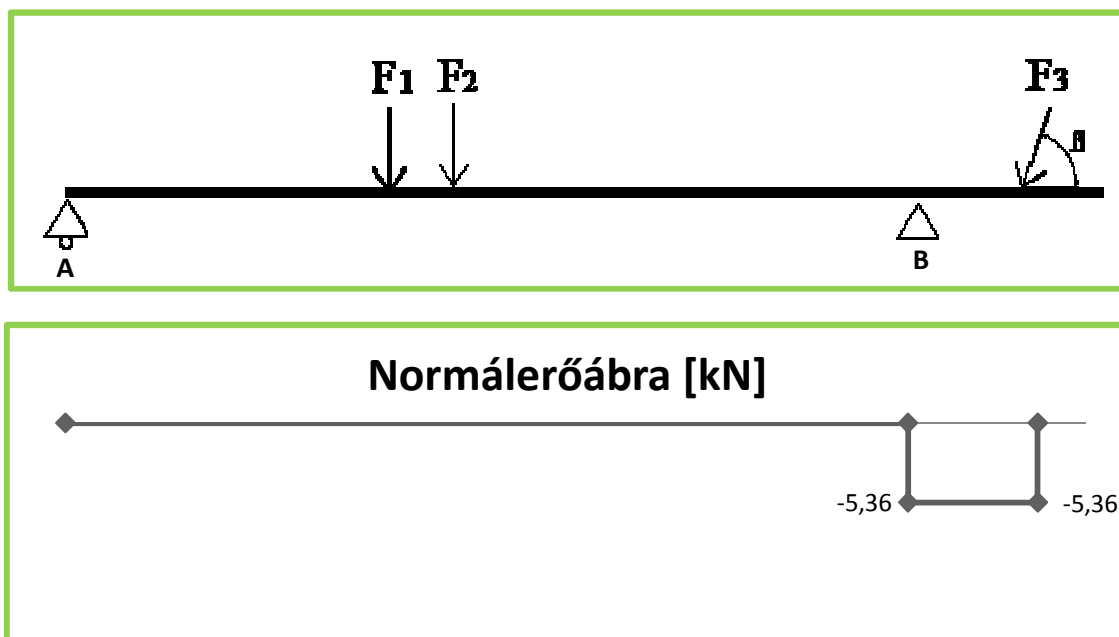
41. ábra: MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó megoszló erővel; $t_1 < t_2$ esetén[saját forrás]

Kéttámaszú tartó 3 koncentrált erővel			
Szükséges adatok		Kiszámított adatok	
t1 [m]	5	A(támaszerő)	17,92315 [kN]
t2 [m]	6	B (támaszerő)	17,57636 [kN]
t3 [m]	15	Megj. Ha a támaszerő előjele negatív, akkor lefelé mutat. 	
F1 [kN]	25		
F2 [kN]	6		
F3 [kN]	7		
β szög nagysága [deg]	40		
fesztség [m]	13		

Megj. Az adatok változtatása után a frissítés gombra kattintás szükséges!



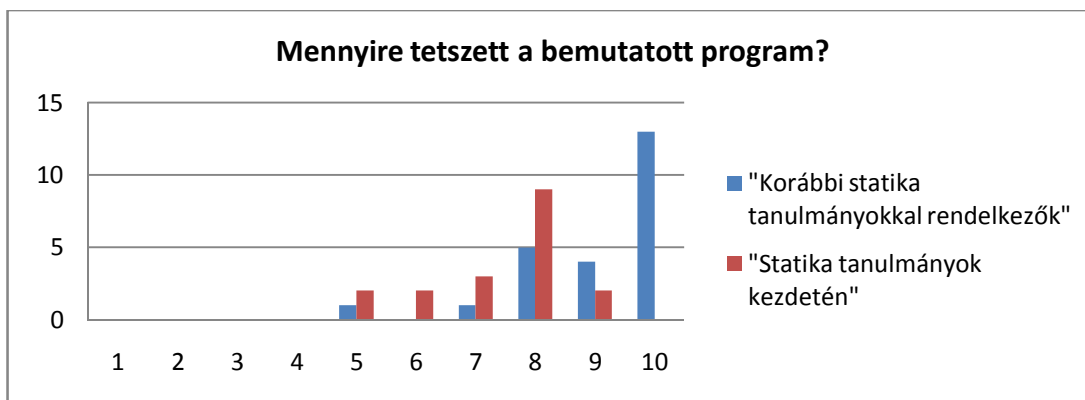
42. ábra: MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó 3 erővel[saját forrás]



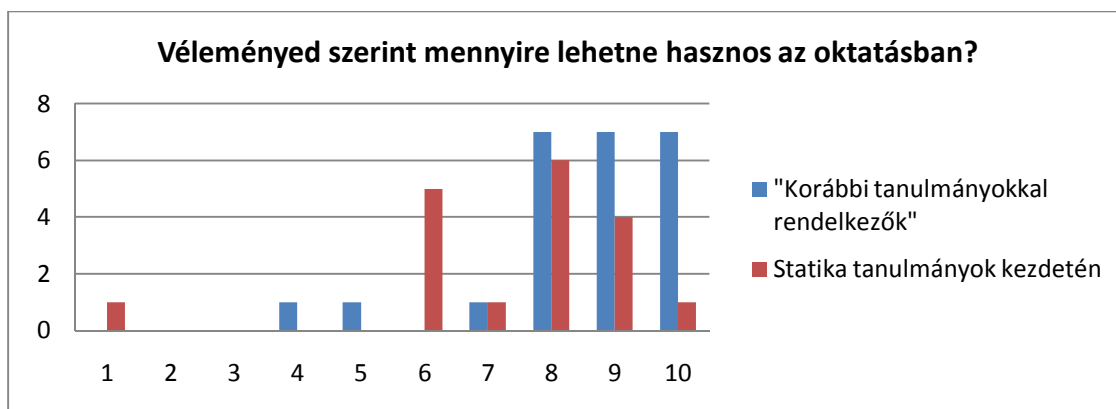
43. ábra: MS Excel munkalap: Kéttámaszú tartó 3 erővel- normálerő igénybevétel
[saját forrás]

4. A TANULÁST SEGÍTŐ ALKALMAZÁS HASZNOSSÁGÁNAK EMPIRIKUS VIZSGÁLATA

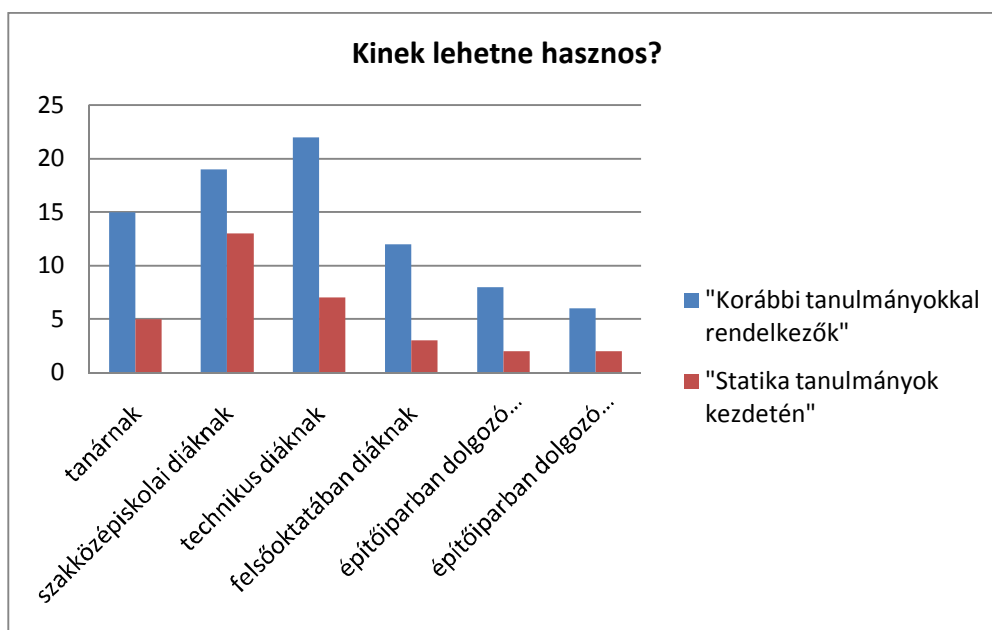
A 2. mellékletben található elégedettségi kérdőívvel (általam összeállított kérdésekkel) vizsgáltam az elkészült MS Excel munkalapok tanítási-tanulási folyamatba való beépítésének hasznosságát, tanulást segítő funkcióját az Ybl Miklós Építőipari Szakképző Iskola és a Pogány Frigyes Szakközépiskola diákjai körében. 42 tanuló töltötte ki a kérdőívet, akik között voltak nappali tagozatos szakközépiskolai tanulók illetve esti tagozatos technikus tanulók (magasépítő technikus illetve útépítő és-fenntartó technikus szakon). Az esti tagozaton a tanulók többsége már idősebb korosztályú, munka mellett tanulnak szakképző iskolában. A kérdőív tartalmaz nyílt végű kérdéseket is illetve attitűd kérdéseket. A kérdőívet személyesen töltöttem ki a célcsoportokkal 2014 szeptemberében, közvetlenül miután bemutattam a kéttámaszú tartó 1 koncentrált erővel elnevezésű MS Excel munkalapot minden egyes kérdőív kitöltés alkalmával. (Azért csak ezt az egy munkalapot, mert akkor még nem volt kész a másik kettő. Az első 5 kérdésre adott válaszok kiértékelésekor (44-48. ábra) külön vizsgáltam azon tanulók válaszait, akik ebben az évben kezdtek statikát tanulni (24 fő) –ők szakközépiskolai tanulók- illetve azon tanulók válaszait, akik már korábban tanultak statikát (18 fő) - ők valamelyik technikus szakon tanuló diákok-.



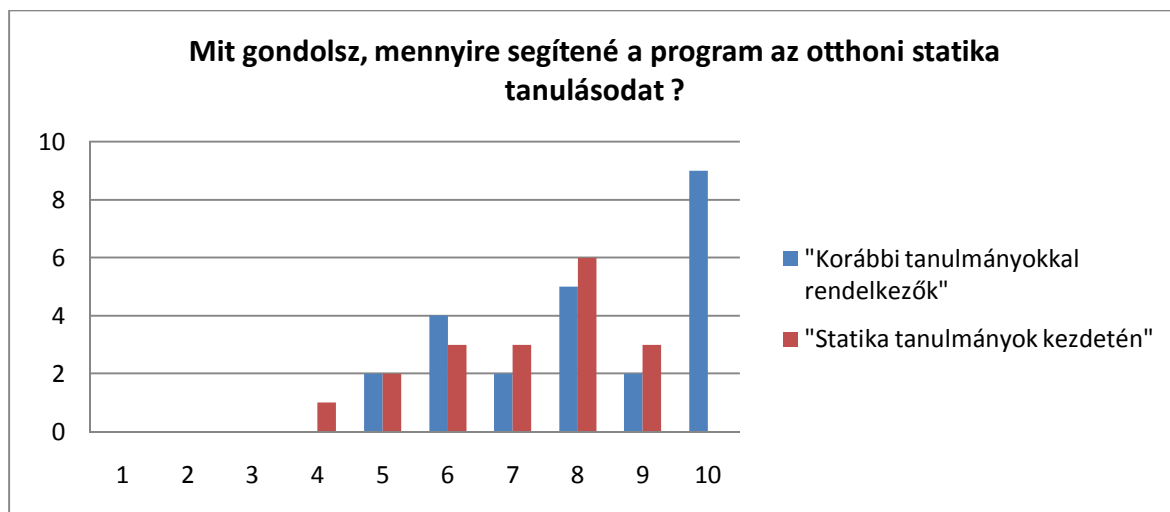
44. ábra: A kérdőív 1. kérdésének kiértékelése [Saját forrás]



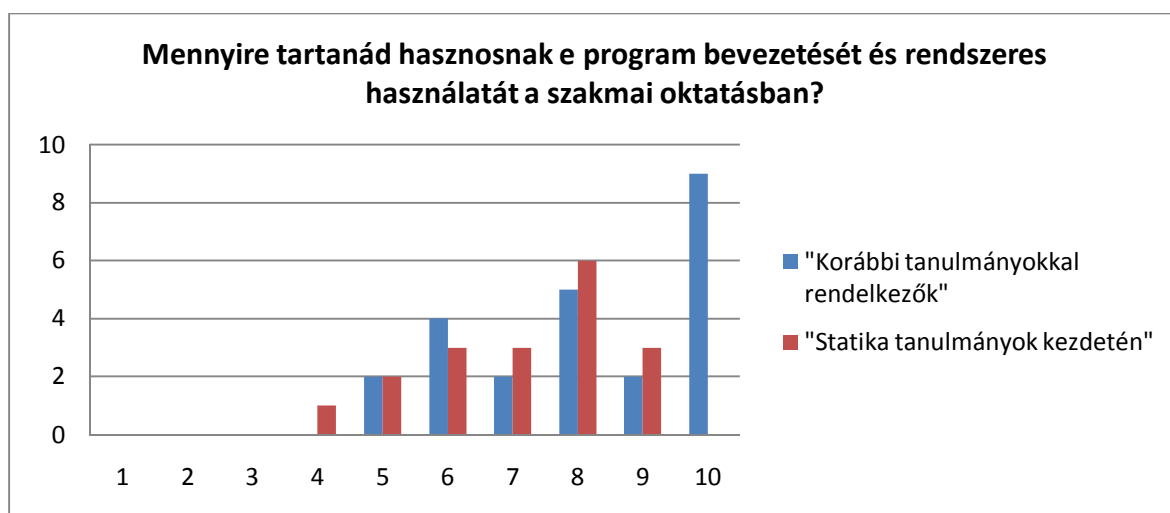
45. ábra: A kérdőív 2. kérdésének kiértékelése [Saját forrás]



46. ábra: A kérdőív 3. kérdésének kiértékelése [Saját forrás]



47. ábra: A kérdőív 4. kérdésének kiértékelése [Saját forrás]



48. ábra: A kérdőív 5. kérdésének kiértékelése [Saját forrás]

Az 5. kérdésre adott indoklások közül néhányat kigyűjtöttem (Mennyire tartanád hasznosnak az alkalmazás bevezetését és rendszeres használatát a szakmai oktatásban? Mértékskála után nyílt kérdés: Válasz indoklás:.....).

„Mivel a mi világunkban a számítástechnika nélkülözhetetlen, így a diákoknak ez nagyon jó.”

„Könnyebben értelmeznénk a feladatot, valamint átláthatóbb lenne”

„Jónak tartom, mert le van egyszerűsítve a tantárgy”

„Megkönnyítené a tanulást.”

„Nagyon hasznos lenne, mivel majdnem minden diáknak van otthon gépe, amin tudna gyakorolni.”

„Megkönnyítené a diákok számára a statika megértését. Számomra is hasznos program lett volna az előző szakmám tanulásakor.”

„Mert segíti a fejlődést a tanulásban.”

„egyszerű, könnyen értelmezhető program”

„Jónak látom a programot, hasznos és érthető”

„Hasznosnak találom, talán így könnyebben meg lehetne érteni a statikát”

„Nagyban könnyítene a tanulásban”

„Sokkal könnyebb tanulni és könnyebb megérteni”

„Sok információt lehet megtanulni a programból”

„Egyszerűbbé tenné a tárgy megértését és tanítását”

„Segít megérteni a tananyagot” ; „Könnyebben érthető és felfogható a tananyag”

„otthon a diák le tudná ellenőrizni magát, a tanár pedig könnyebben javítana”

„Veszély, ha csak a programot a használja a feladatok megoldására, keveset fog számolni

„szemléltetésre alkalmas”

„otthoni gyakorlást segíti”

„az alapokat segít megtanítani és gyakorolni”

„egyszerűbben lehetne megérteni és ellenőrzésre is kiváló”

„a diákok nagyobb kedvel állnának a tanuláshoz”

„Vizuális típusú diákoknak segít a megértésben, különböző szituációk esetén”

„Az idő hiánya miatt sok anyag van és kevés idő, és segíthet a program a gyorsabb megértésben”

„Segítene megérteni az erőket, modellezni az erők hatását a szerkezetben, ”

„előadás diának kiváló”

A 6. kérdésre adott válaszokat is kigyűjtöttem: (Van -e ötleted, hogy hogyan lehetne a bemutatott alkalmazást minél hasznosabb oktatási segédanyaggá formálni? (Milyen változtatásokkal lehetne minél hasznosabbá alakítani?)

„Minél több esettel még hasznosabb is lehetne”

„Több és bonyolultabb példákat is tudjon ábrázolni, több erő feltüntetése is lehetséges legyen”

„nekem így tetszett, sokkal jobb mint tábláról körmöltni azt amit nem értek ”

„Több teherkombinációt kell kidolgozni”

„Több szint belevinni. Gyakorlófeladatokat csinálni és pontokat lehessen kapni a helyes megoldás esetén”

„a diákok, tanárok véleményét beleírni”

„egy leírást, és magyarázatot a program használatához vagy akár egy bemutatót”

A kérdőív kiértékelésekor látszik, hogy a korábbi statika tudással rendelkezők véleményei egyhangúbbak, mint akik idén először tanulnak statikát, ezen diákok véleményei elszórtabbak a mértékskálákon. Valószínű ők még nem teljesen látták át a bemutatott példát.

A 3. kérdésre adott válaszok kiértékelése érdekes, mert a korábbi statika tudással rendelkezők, akik technikus szakon tanulnak jelenleg, legnagyobb számban a „technikus diáknak is hasznos lehet” választ jelölték meg, míg a szakközépiskolában tanuló, idén először statika tantárgyat tanuló diákok legnagyobb számban azt jelölték meg, hogy a szakközépiskolai diáknak is hasznos lehet” az alkalmazás.

A kérdőíves vizsgálatból kiderült néhány diák megfogalmazásából, hogy hasznosnak látnák, ha interaktívvá alakítanám az alkalmazást. A diákok válaszai alapján, olyan feladatlapok kialakítása lehetne a cél, ahol kérdésekre válaszolnának, vagy értékeket adnának meg, majd értékelést kapna a diák a válaszaiba (programozott tanítás elveit foglalmazták meg egyszerűbben a diákok). Összességében elmondható, hogy a megkérdezettek kimondottan hasznosnak ítélték meg a látott alkalmazást.

5. ÚJ EREDMÉNYEK

A fejezetben a célkitűzések megvalósításait foglalnám össze:

1. Empirikus kutatást végeztem és kérdőíves módszer felhasználásával felmértem a diákok statika, szilárdságtan tanulmányainak helyzetét, melynek kiértékelésekor megállapítottam, hogy a tanulók többsége fontosnak tarja a statika, szilárdságtan tantárgyakat a képzés során (73%), de jellemzően nem szeretik ezeket a tárgyakat (73%), nem értik (61%), félnek a számonkéréstől (63%) és félnek a tantárgyi bukástól (53%). Ennek ellenére kevés időt fordítanak a tanulásra, feltehetőleg azért, mert a füzetben, tankönyvön kívül nincs más segédanyaguk.

2. Kidolgoztam három, a tartók statikájának számításához, annak megértéséhez segítséget nyújtó alkalmazást, melyet MS Excel környezetben implementáltam.

3. Empirikus kutatást végeztem és kérdőíves módszer felhasználásával vizsgáltam a kidolgozott tanulást segítő alkalmazások megértést segítő hasznosságát.

4. Kérdőíves kutatás kiértékelése alapján megállapítható, hogy a diákok közel 95%-a az oktatásban hasznosnak tartja a kidolgozott statika tanulását segítő alkalmazások használatát, valamint a diákok közel 88%-a az otthoni felkészülésben is hasznosnak tartja továbbá a diákok közel 93%-a a szakmai oktatásban hasznosnak tartja a kidolgozott statika tanulását segítő alkalmazások bevezetését és rendszeres használatát.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Az alkalmazások a szakképzésben és a felsőoktatásban is hasznos tanulási-tanítási folyamatot támogató eszköz lehet mind a diákok mind a tanárok részéről. A szakképzésben mindenképp a tanári szemléltetés, tanári magyarázat nagyon hasznos eleme lehet valamint diákoknak olyan digitális tananyag, melyhez hamarabb kedvet kapnak, mint egy munkafüzetes gyakorlópéldához.

A felsőoktatásban komoly otthoni gyakorlófelületet szolgáltathat az alkalmazás az első éves építészmérnököknek, építőmérnököknek, gépészmérnököknek, továbbá a tanároknak könnyebb lenne minden diáknak különböző paraméterű feladatot kiadni házi feladatnak, féléves beadandónak és azt ellenőrizni.

Az alkalmazás segítségével bárki számára könnyen magyarázhatóvá, érthetővé válnak az igénybevételi ábrák összefüggései.

Felsőoktatásban az igénybevételi hatásábrák magyarázásához is hasznos lehet, ugyanis az igénybevételi hatásábrák a tartó egy keresztmetszetében keletkező igénybevételek változását írják le a tartón mozgó függőleges egységerő helyzete függvényében.

Ennek szemléltetésére nagyon hasznos a „kéttámaszú tartó 1 koncentrált erővel” alkalmazás, mert az erő lépegetésével szemléltetni lehet a nyomatéki vagy nyíróerő igénybevételi hatására kialakulását.

Továbbá az alkalmazás mérnöki használatát is el tudom képzelni, statikailag határozott szerkezetek méretezéséhez.

Ezúton is szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Molnár György Tanár Úrnak, a szakszerű útmutatást és segítőkészséget. Köszönöm továbbá Horváth Imréné Dr. Baráti Ilona Tanárnőnek a szakmódszertanos kérdésekben való segítségét.

A TDK dolgozatom felmérési eredményeit, a tanulást segítő Excel alkalmazásokat szeretném megosztani az iskola nevelőtestülete számára, hogy a munkám a pedagóguskollégáim számára is hasznos legyen. Céлом, hogy az általam készített

alkalmazásokat továbbfejlesztsem továbbá más tantárgyaknál is a számítógéppel segített tanulás módszerét bevezessem.

7. TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Továbbfejlesztésként további tartótípusokat dolgoznék ki ugyancsak MS Excelben, mint például befogott tartót különböző terhelésekkel, gerber tartókat különböző terhekkel. Koncentrált nyomatéki teherrel lehetne az előző tartókat kiegészíteni.

Különböző magyarázatokkal, képekkel lehetne a képernyőfelületet minél több „tudásanyaggal” ellátni.

A tanulást segítő alkalmazások hasznosságát tanulói eredmények alapján lehetne még tovább vizsgálni.

Az MS Excel programban számos más témájú feladat kidolgozását is hasznosnak tartanám, mint például síkidomok keresztmetszeti jellemzőinek számolását (súlypont, statikai nyomaték, inercianyomaték, inerciasugár, keresztmetszeti tényező, terület), vagy vasalás mennyiségének számolását vasbetonszerkezeteknél. Továbbá útépítő és - fenntartó technikusként nagyon sok szakmai számítást kell begyakorolniuk a vizsgára, mint például megállási látótávolság számolását, kicsúszásvizsgálatot, ellenállás számolást, vonóerő számolást, így számukra is hasznos lehetne egy olyan MS Excel felület, ahol számpéldákat tudnának gyakorolni, ellenőrizni.

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. Filótás János: Az informatika alkalmazása a Szilárdságtan oktatásában (szakdolgozat, 2005)
2. Magasépítő technikus képzés szakképzési kerettanterve: https://www.nive.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=440 2014. október 25.
3. Szerényi Attila: Statika (Szega Books Kft., Pécs, 2005)
4. Bán Tivadarné: Statika (Tankönyvmester Kiadó, 2006)
5. Bán Tivadarné: Szilárdságtan (Tankönyvmester Kiadó, 2007)
6. Herczeg Balázs, Bán Tivadarné: Vasbetonszerkezetek (Tankönyvmester Kiadó, 2008)
7. Nagy Sándor (1979, főszerk.): Pedagógiai lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest
8. Oktatási Hivatal honlapja, ://www.oktatas.hu/koznevelas/erettsegi/feladatsorok; 2014. október 24.
9. Filótás János: Ekorrep - statika YouTube csatornája: 3.óra: nyomatékszámítás 2.rész
Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=KK8V3oF15O4> 2014. október 25.
10. Dr. Hortobágy Zsolt YouTube csatornája: <https://www.youtube.com/user/Hortozs> 2014. október 25.
11. Szabó Péter YouTube csatornája: <https://www.youtube.com/watch?v=Z2XN8NrvhoQ&list=PLTmQM76H9oN0PxM26ZPF4yFGEZG44gySn> 2014. október 25.
12. Dr. Hantos Zoltán Tudásfelhő nevű YouTube csatornája
Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=nem0004IIP0> 2014. október 25.
13. Dr. Garai József: „mecha rácsostartó” YouTube csatornája
Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=iM-PMQDQat4> 2014. október 25.
14. Útépítő és –fenntartó technikus képzés szakképzési kerettanterve: https://www.nive.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=440 2014. október 25.
15. Nancy Hubing, David B. Oglesby, Timothy A. Philpot, Vikas Yellamraju, Richard H. Hall, Ralph E. Flori“ Interactive Learning Tools: Animating Statics”, Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition