

## Testmodellezési algoritmusok oktatása integrált elektronikus tananyag alkalmazásával

Koszár András

*PLC szakmérnök, mérnök informatikus, mérnöktanár, szakvizsgázott pedagógus*

Szombathelyi Műszaki SZC III. Béla Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája

9970 Szentgotthárd, Honvéd u. 10.

mobil: +36 30/824-8867, email: [akoszar@sztgnet.hu](mailto:akoszar@sztgnet.hu), [andras.koszar@gmail.com](mailto:andras.koszar@gmail.com)

### Összefoglalás

A műszaki pályák világában a szakképzett munkaerőt tekintve alapvető elvárás a digitális írástudás, valamint az elektronikus rajzi dokumentációk értelmezése, illetve gyakran azok létrehozása is. A szakképzés rendszerében, azon belül elsősorban a szakgimnáziumi képzések vonatkozásában a számítógépes műszaki ábrázolás tanítása kulcsfontosságú tényező, mely általános szakmai képességfejlesztő hatása mellett fokozza a későbbi gyártástechnológia, CNC és CAD/CAM tárgyköreit érintő szakmai ismeretanyagok oktatásának hatékonyságát. A diákok térszemlélete egy adottság, mely meghatározza a háromdimenziós térbeli alakzatok észlelését és a köztük fennálló viszonyrendszer felismerését. E képesség korszerű eszközök és módszerek alkalmazásával fejleszthető. Alapvető algoritmusok begyakorlásával bizonyos komponensei rutinszerűvé alakíthatók, melyek később a készségek szintjén alkalmazhatók a komplex szakmai problémák felismerésében és megoldásában. Tanulmányomban az alapvető elméleti és módszertani háttér ismertetése után egy elektronikus oktatórendszer koncepcióját vázoló fel, melynek segítségével a számítógépes testmodellezési algoritmusok tanítási-tanulási folyamatának gyakorlatorientált összetevői támogathatók.

**Kulcsszavak:** CAD, 3D, testmodellezés, digitális tananyag, AutoCAD, alkalmazásfejlesztés

## Teaching computerized solid modelling algorithms with digital materials

### Abstract

Digital literacy, interpretation and creation of e-drawings are the basic requirements of skilled workers. In the field of vocational training the education of technical drawing plays an essential part. It develops the students' skills, enhances the efficiency of teaching production technologies, CNC and CAD/CAM materials. The students' three-dimensional vision can be developed by applying advanced resources and methods. In my writing I outline basic theoretical and methodological background and a conception of e-curriculum, thus the teaching-learning process of computerized solid modelling algorithms can be assisted.

**Keywords:** CAD, 3D, solid modelling, e-Curriculum, AutoCAD, application development

## 1 Bevezetés

Az első kereskedelmi forgalomban is megjelent számítógépes geometriai modellező rendszereket gépkocsik, illetve repülőgépek tervezésénél használták a piacvezető ipari cégek. Alkalmazásuk a mérnöki munkában az 1960-as évek közepén került bevezetésre. A fokozott számítási kapacitás igényei miatt ezek a szoftverek csúcskategóriájú, nagyteljesítményű számítógépeken működtek, ezért csak a legnagyobb cégek engedhették meg maguknak a használatukat. Remek példa az ipari alkalmazásra az *UNISURF* karosszéria és

szerszámtervező program, amelyet 1971-ben *Pierre Bézier* vezetett be a *Renault*-nál (Bézier, 1998).

A kezdeti időszakban a fejlődés nagyon lassan ment végbe, mivel a hardver és az egyéb számítógépes erőforrások árai magasak voltak. A másik probléma a programok fejlesztésével kapcsolatban mutatkozott. Az egyedi szoftverfejlesztés sajátosságai miatt komoly ráfordításokat igényelt az összetett programrendszerek megalkotása, illetve azok hordozhatósága, platform-függetlenné tétele.

Az 1980-as években megjelentek a személyi számítógépek, valamint a számítógépes grafika is erőteljes fejlődésnek indult. Bevezették a raszteres képernyőt, illetve a hatékonyabb beviteli eszközöket (egér, fényceruza, digitalizáló tábla). A szoftverek újszerű grafikus interfészt kaptak, kidolgozták az ablak-technikát. Az új technológia lehetőségeket kihasználó, és a fokozódó felhasználói igényeket kielégítő szoftvertermékek kerültek piacra, amelyek már széles körben elterjedhettek (Machover, 1987). A *Dassault* 1981-ben kiadta felületmodellező programját a *CATIA* szoftvert, majd a következő évben megjelent az *AutoDESK AutoCAD* nevű programcsaládjának első képviselője. Az *AutoCAD* programot a későbbiekben kibővítették egy külön megvásárolható felületmodellező (*Autosurf*) és egy *3D* geometriai modellező (*AME*) kiegészítéssel.

A következő mérföldkő az alaksajátosság alapú modellező szoftverek bevezetése volt, mely az 1990-es évek elejére tehető. Ilyen napjainkban is használt programok: *PTC Pro/Engineer*, *Autodesk Inventor Series*, *SolidWorks*.

Általános esetben a térbeli modellezés számítógépes eszközeit különféle gyártmányok tervezésére, fejlesztésére használják. A mérnöki tevékenység minden területén a koncepcionális tervezéstől a gyártási módszerek meghatározásáig bezárólag. Napjainkban különösen fontos szerepe van a gépészeti és az építészeti szakmák mérnöki munkájában. A gépészeti területen a kompozíciós tervezési módszerekhez illeszkedő számítógépes alkalmazások állnak rendelkezésre, melyek segítségével a komponensek egymáshoz való viszonya vizsgálható. Különböző kinematikai, dinamikai analíziseket, véges elem analízist hajthatunk végre az alkatrészekon és az összeállításokon. Ezek segítségével a szilárdsági, dinamikai, termikus, áramlástani, stb. viszonyok ellenőrizhetők.

Manapság egy új, dinamikusan fejlődő területe a térbeli modellezésnek a dekompozíciós tervezési módszerek hatékony támogatása, melynek célja a mérnöki tervező munkából fokozatosan kiiktatni a hagyományos *2D*-s műszaki rajzi dokumentumokat. Lehetőség van közvetlenül *3D*-s modellekből kiindulva technológiai tervek létrehozására. Ezek felhasználhatók például *CNC* szerszámgépek programozására. Szükség esetén a műszaki dokumentációhoz a *3D*-s modellekből automatikusan generálhatók a *2D*-s rajzok.

A napjaink szakképzési rendszerében tanuló diákok közül fognak kikerülni a jövő műszaki szakemberei. A fentiekből kitűnik, hogy manapság a műszaki pályák világában alapvető követelmény, hogy az alapos szakmai ismeretek mellett a szakember képes legyen

elektronikus műszaki dokumentációt olvasni és készíteni. A fokozódó munkaerőpiaci versenyben a jövőbeni munkavállaló szinte behozhatatlan hátrányba kerülhet a digitális írástudás és a szakmai informatikai ismeretek hiánya miatt. Meghatározó tehát, hogy – többek között – a térbeli modellezés számítógépes eszközeivel már a szakképzés keretein belül megismerkedjenek a fiatalok. Alkalmazásuk további előnye az oktatásban, hogy fejleszti a térszemléletet és a vizuális gondolkodást, mely készségek nélkülözhetetlenek a hagyományos műszaki tantárgyak ismereteinek feldolgozásában.

Tanulmányom első felében (2. fejezet) a számítógépes 3D geometriai modellezés alapjait és kapcsolódó módszertani kérdéseit vizsgálom saját pedagógiai tapasztalataim aspektusából tekintve. A továbbiakban (3. fejezet) a gyakoroltatás és a készségek megszerzésének hatékony támogatására fejlesztett elektronikus tananyag keretrendszerem kialakítását vázolom fel a Tisztelt Olvasóknak.

## **2 A testmodellezés koncepciója és oktatási módszertana a szakképzésben**

A térbeli modelleket egymástól alapvetően különböző módszerek, eljárások segítségével hozhatjuk létre. A módszer megválasztását elsősorban a modell későbbi felhasználásának célja határozza meg. Az egyes koncepciók alapján megalkotott modellek eltérő geometriai sajátosságokkal rendelkeznek.

A geometriai modellező rendszereket a modell megvalósításának koncepciója szerint az alábbi módon csoportosíthatjuk:

- Huzalváz modellező rendszer.
- Felület modellező rendszer.
- Palást modellező rendszer.
- Volumetrikus (térfogat) modellező rendszer.

Jelen tanulmányban a térfogat modellezés koncepciójának alapvető sajátosságait, módszertani alkalmazhatóságát mutatom be részletesen a továbbiakban.

### **2.1 A volumetrikus modellező rendszerek alapvető sajátosságai**

A geometriai elemeket alap geometriai testek, vagy más geometriai testek kombinációjával építjük. A testmodellezés az objektumokat véges, zárt, reguláris ponthalmazként írja le. A testmodell teljes, jellemző és tömör leírása a zárt térfogattal rendelkező objektumoknak. Az adatszerkezetben a testet felépítő alapegységek és ezek kapcsolatainak a leírása is megtalálható. (Kátai et al., 2012)

A testmodellezés számos előnyös tulajdonsággal bír az előzőekben tárgyalt eljárásokkal szemben:

- lényegesen egyszerűbb a modellezés, mint a korábbi rendszerekben;

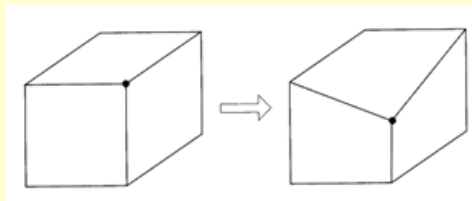
- alkalmas térfogat- és tömegszámításra, ütközésvizsgálatra;
- használható műszaki számítások elvégzésére, gyártástervezésre;
- alkalmas különféle láthatóság szerinti ábrázolásra.

A fenti tulajdonságok miatt a volumetrikus koncepciót magukban foglaló térbeli modellező szoftverek (pl.: *AutoCAD*, *SolidWorks*) általánosan alkalmazhatók a műszaki szakképzésben oktatott szakmai informatika órákon.

A testmodellezést a felhasznált alapelemek és a modellezés algoritmusai alapján három fajta módon végezhetjük el:

- testmodellezés térfogat manipulációval;
- testmodellezés térfogat lebontásos eljárással;
- testmodellezés térfogat feltöltéses eljárással.

Térfogat manipuláció alatt azt az eljárást értjük, amikor egy kiinduló térelem alacsony, illetve magas szintű geometriai jellemzőit módosítva határozzuk meg egy új objektumot (lásd **2.1. ábra**).



**2.1. ábra:** *Modellezés térfogat manipulációval* (Forrás: saját szerkesztés)

Térfogat lebontásos eljárás esetén a befoglaló térfogattól kiindulva az üres tértartományok elhagyásával hozzuk létre az objektumot. Többféle módú algoritmus alapján végezhetjük, melynek megválasztása függ a létrehozandó test felület-geometriájától. Egyik fajtája a hasáblebontó modellezés (lásd **2.2. ábra**), amely könnyen algoritmizálható, azonban csak merőleges síklapokkal rendelkező objektumok esetén ad pontos leírást.

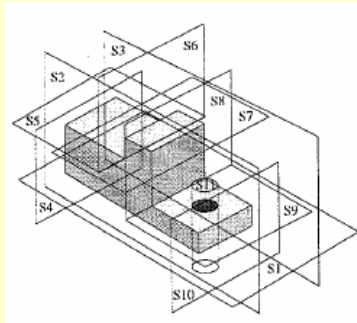


**2.2. ábra:** *Hasáblebontó modellezés* (Forrás: saját szerkesztés)

A megoldás lényege, hogy a befoglaló tértartományt egyenlő részekre (hasábokra) osztja fel. Az egyes tértartományok feltöltöttségi állapotának megfelelően az üres részeket elhagyja, a feltöltött részekkel nem foglalkozik tovább, a részben feltöltött részeket azonban további részekre bontja. A lépések iteratív sorozatát addig folytatja, míg a célobjektum leírását nem kapjuk.

A térfogat lebontásos eljárásnak elterjedt fajtája még a féltéres modellezés (lásd **2.3. ábra**). Jellemzője, hogy a térfogat behatárolását végtelen kiterjedésű felületekkel hajtja végre,

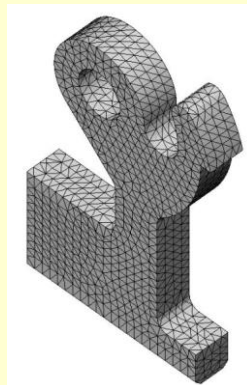
amelyek a teret két végtelen tartományra bontják. A felület egyik oldalán lévő féltér üres, a másik oldalán lévő féltér anyaggal feltöltött.



**2.3. ábra:** Féltéres modellezés (Forrás: Kátai et al., 2012, p. 66)

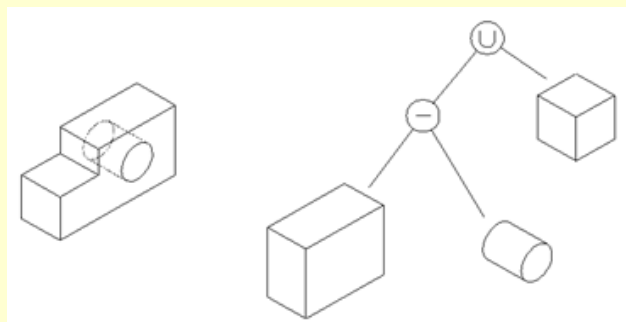
A térfogat feltöltéses eljárás lényege, hogy az objektumot véges számú alkotórész kompozíciójaként hozzuk létre.

Ha a testet a méreténél több nagyságrenddel kisebb alkotórészekből építjük fel, akkor elemi sejtekkel való modellezésről beszélünk. Ez a numerikus eljárások (végeelem, peremelem módszer) modellezési eszköze (lásd **2.4. ábra**).



**2.4. ábra:** Elemi sejtekkel való modellezés (Forrás: Kátai et al., 2012, p. 67)

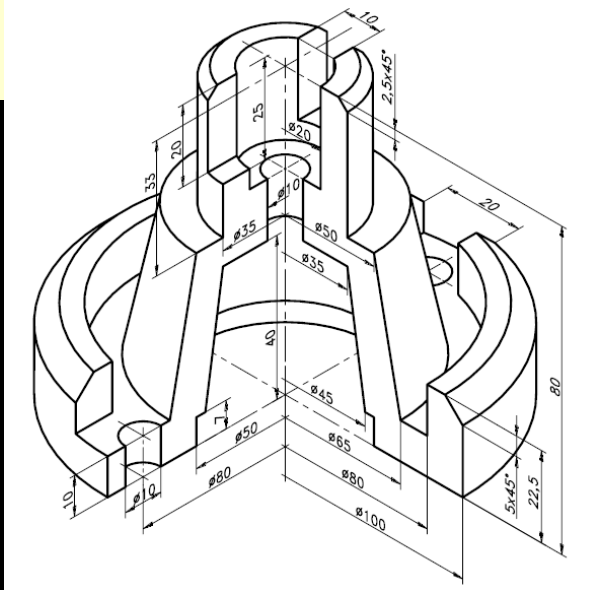
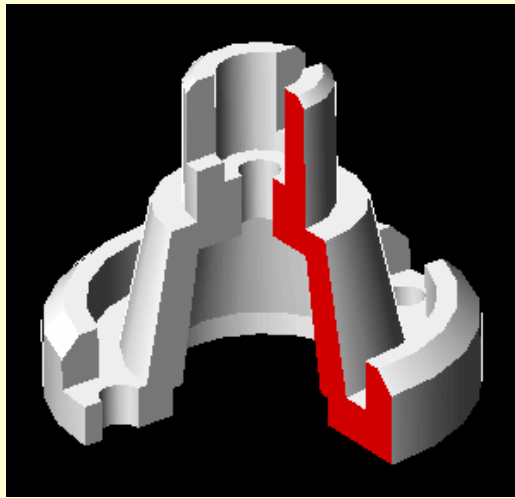
A volometrikus eljárások közül a legelterjedtebb az elemi testekkel való modellezés. A megoldás lényege, hogy az objektumok a nagyságrendjükbe eső, meghatározott geometriájú test primitívekből épülnek fel. A primitívek összeépítéséhez kompozíciós műveleteket használunk fel. Az elemi testekkel való modellezési eljárás angol elnevezése: *Constructive Solid Geometry*, vagy röviden *CSG* modellezés (lásd **2.5. ábra**). A klasszikus értelemben a testmodellezést erre a modellezési formára használjuk.



**2.5. ábra:** CSG modellezés adatszerkezete (Forrás: saját szerkesztés)



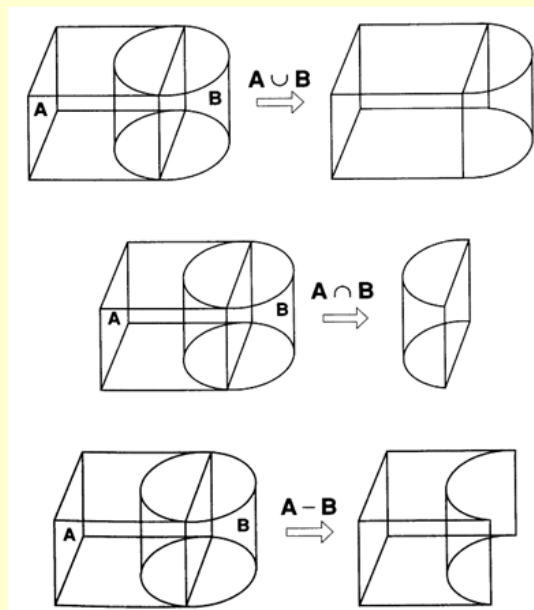




**2.8. ábra:** Megforgatással létrehozott befoglaló primitívet tartalmazó modell (Forrás: saját szerkesztés)

### 2.1.2 Kompozíciós (BOOLEAN) műveletek a testmodellezésben

A testmodellezési gyakorlatban felmerülő problémák megoldásához általában nem elégséges az egyszerű építőelemek felhasználása. Összetett testmodellek létrehozásához az előre definiált, illetve a felhasználó által megadott primitíveken ún. kompozíciós műveleteket (*egyesítés*, *metszet*, *kivonás*) kell végrehajtanunk. Ezek eredményeként a kiinduló primitívek geometriai jellemzőinek – az alkalmazott *BOOLEAN* művelet szerinti – kombinálásával új térfogatelemek alakíthatók ki (lásd **2.9. ábra**).

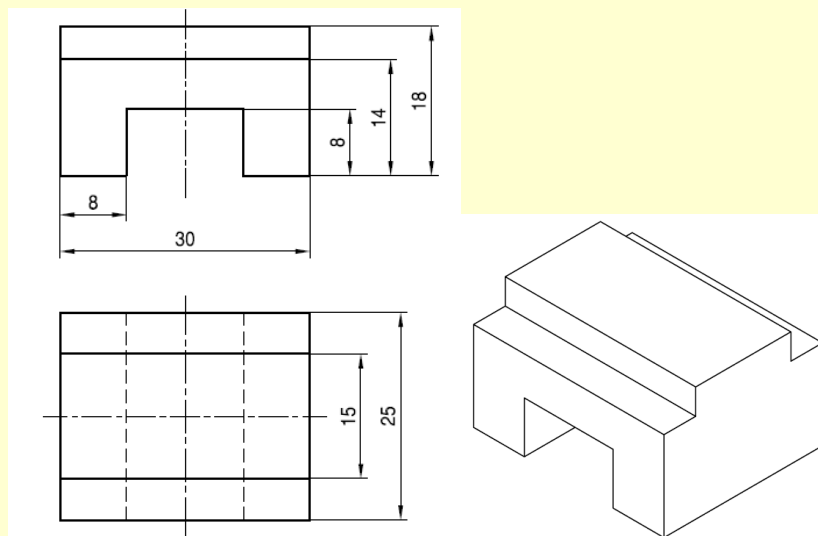


**2.9. ábra:** Egyesítés, metszet, kivonás kompozíciós műveletek (Forrás: saját szerkesztés)

## 2.2 Modellezési feladatok kitűzése

A feladat kitűzése kulcsfontosságú része a modellezési folyamatnak, hiszen a formaelemzéshez és a megoldás algoritmusának kidolgozásához pontosan ismernünk kell a megoldandó problémát. A középiskolai szakmai tanórákon feldolgozott modellezési feladatok többségénél a feladatkiírást méretezett rajzi dokumentumok tartalmazzák. Ez a módszer a modellezési készség mellett fejleszti a tanulók vizuális gondolkodását, segíti a műszaki pályák világában nélkülözhetetlen térszemlélet, formaemlékezet, illetve a reprodukív térképzelet kialakítását. (Pintér, 2002)

A modellezési feladatot kitűzhetjük méretezett síkbeli vetületekkel, metszetekkel, valamint a modellalkotást megkönnyítő axonometrikus nézettel (lásd **2.10. ábra**). Ebben az esetben a reprodukáláshoz szükséges méreteket a síkbeli vetületeken adjuk meg, az axonometrikus nézet pedig megkönnyíti a formaelemzést és a modellezési algoritmus elkészítését. A feladatkitűzési mód fejleszti a rajzolvadási készséget: a tanuló együtt látja ugyanazon test merőleges vetítéssel származtatott képét a térbeli derékszögű koordináta-rendszerrel együtt vetített képével. A feladat nehézségi fokát úgy növelhetjük, hogy a feladatkiírást tartalmazó rajzi összeállításról elhagyjuk az axonometrikus nézetet. Ez megnehezíti a formaelemzési fázist, hiszen a feladat megoldásához gondolatban kell összerakni a testet, illetve meghatározni a részmodelleket alkotó primitíveket.

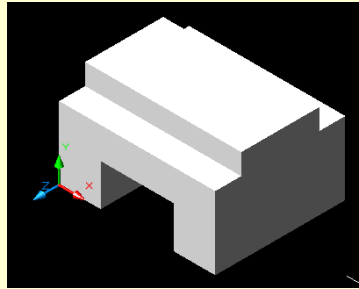
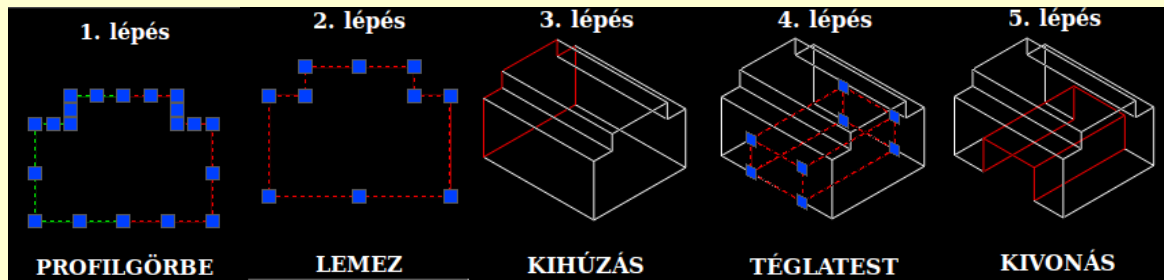


**2.10. ábra:** Feladatkitűzés vetületi nézetekkel, axonometrikus nézettel (Forrás: saját szerkesztés)

A feladatot kitűzhetjük méretezett axonometrikus rajzon is (lásd **2.11. ábra**). Célszerű az izometrikus axonometriát választani a valódi méretek felmérhetősége miatt, ami megkönnyíti a formaelemzést. Ezt a feladatkitűzési módot akkor válasszuk, ha elsődleges célunk a modellezési technika gyakoroltatása, hiszen erről a rajzról tudjuk a legkönnyebben leolvasni a primitívek készítéséhez szükséges méreteket.

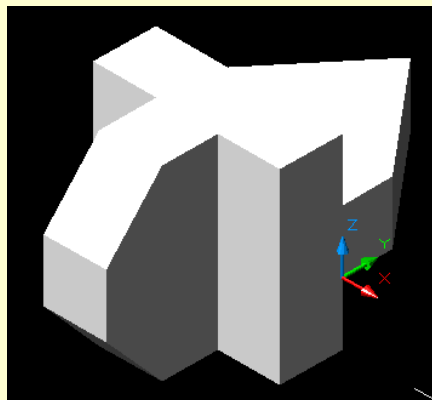
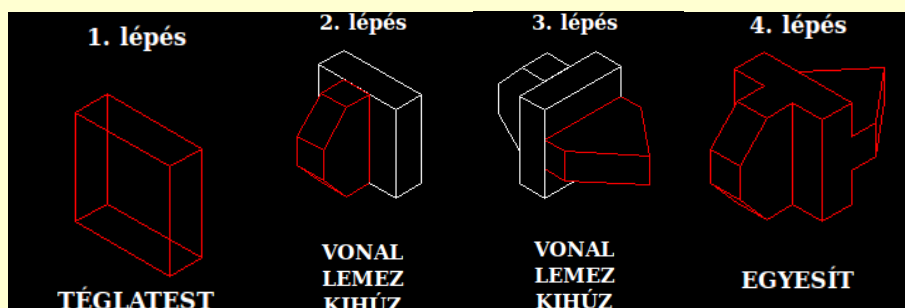






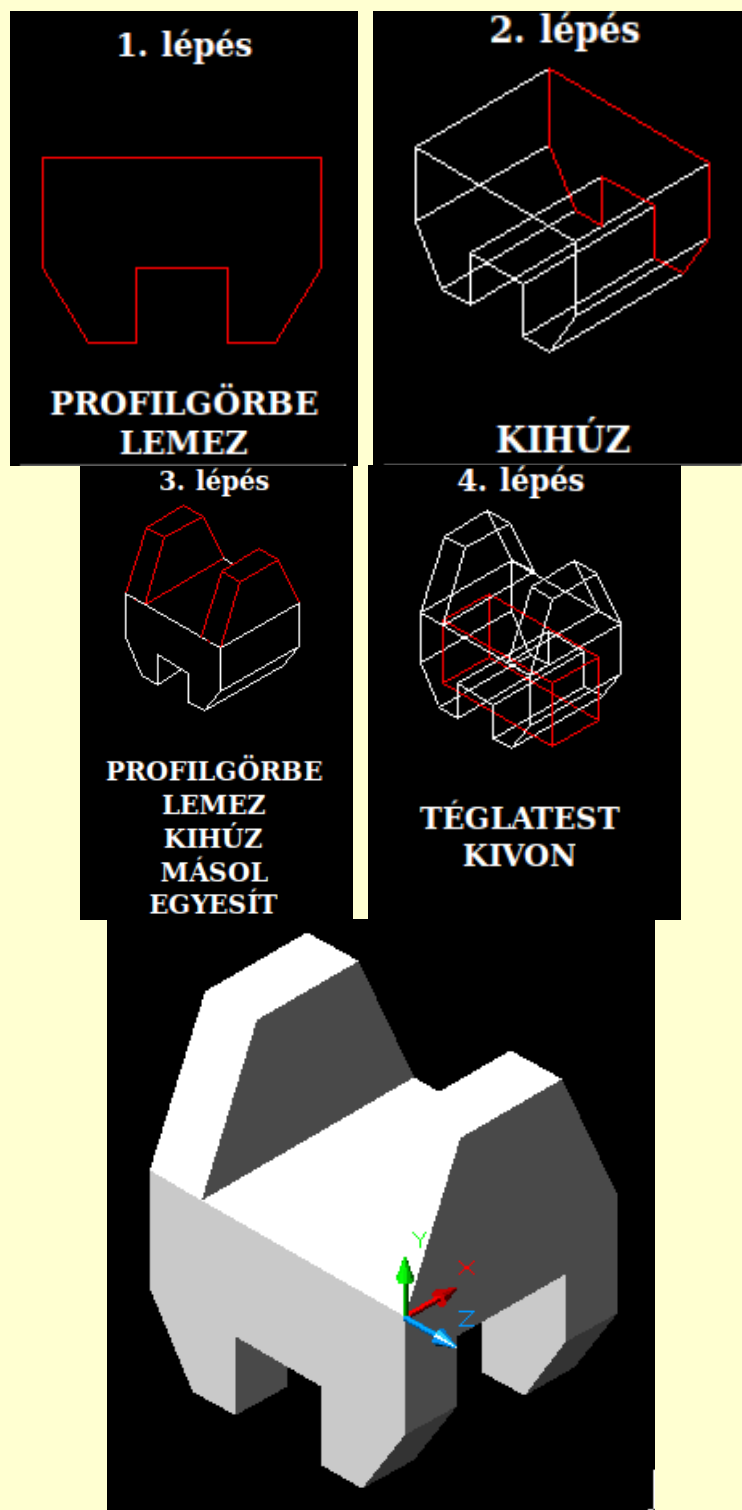
**2.12. ábra:** Modellezés lebontó eljárás alkalmazásával (Forrás: saját szerkesztés)

Felépítő eljárás esetén az összetett testmodellt építőidomaiból rakjuk össze. Az első lépésben a domináns primitívet hozzuk létre. A továbbiakban a felhasználói koordináta-rendszert a testet meghatározó primitív valamelyik síkjához rögzítjük, majd kialakítjuk a következő részmodellt. A lépéssort addig ismétljük, míg a testet alkotó összes részmodellt el nem készítjük. A felépítő eljárásra jellemző kompozíciós művelet az egyesítés (*UNION*). Az eljárás felhasználható a forgácsolás nélküli gyártási technológiák oktatásánál is. (lásd 2.13. ábra)



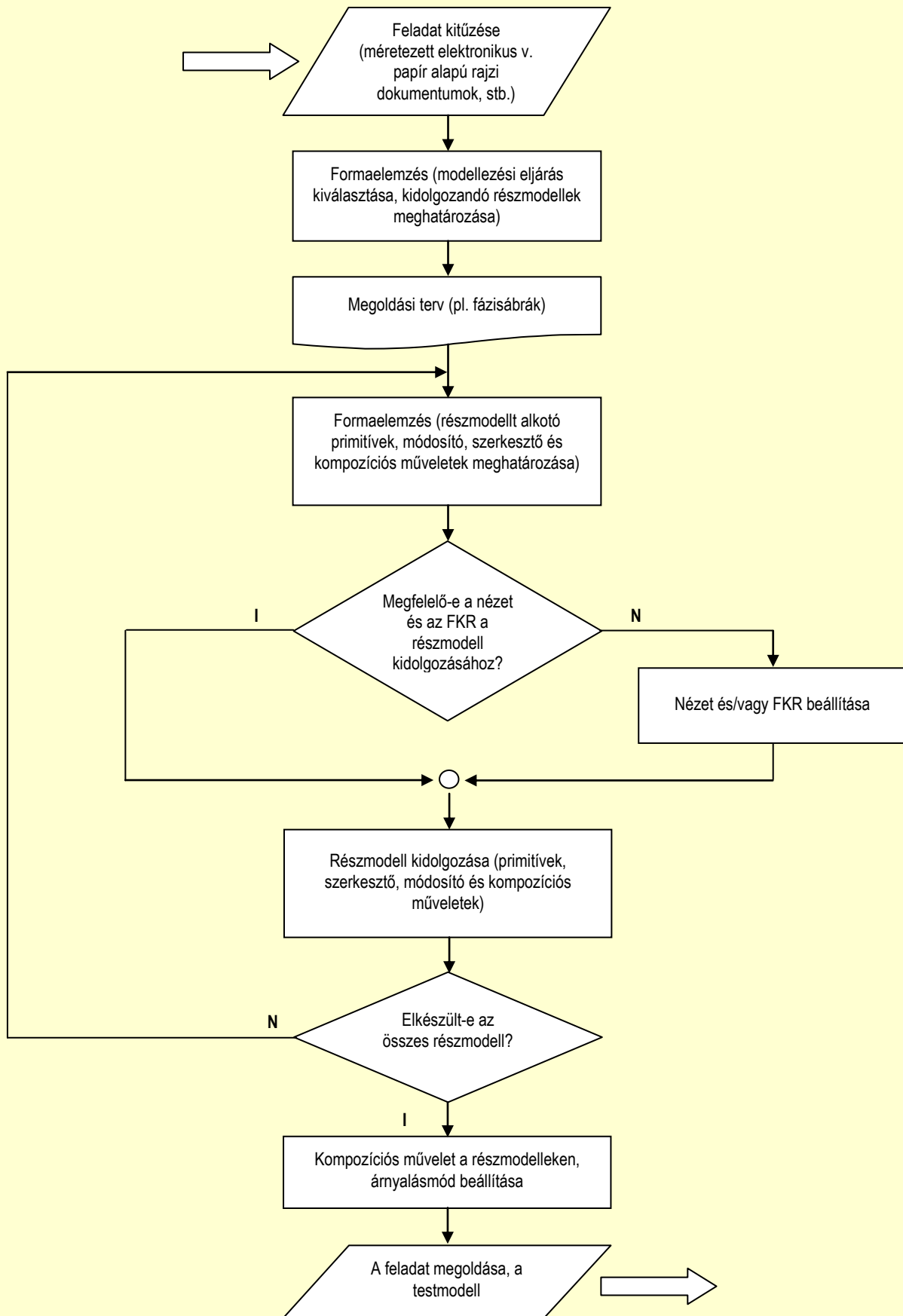
**2.13. ábra:** Modellezés felépítő eljárás alkalmazásával (Forrás: saját szerkesztés)

Kombinált eljárásról akkor beszélünk, ha az összetett testmodell geometriai sajátosságaitól függően a lebontó és a felépítő eljárás műveleteit is alkalmazzuk a modellezési folyamat során. (lásd 2.14. ábra)



**2.14. ábra:** Modellezés kombinált eljárás alkalmazásával (Forrás: saját szerkesztés)

## 2.4 A modellezési folyamat algoritmusának tervezése



2.15. ábra: A modellezés folyamata (Forrás: saját szerkesztés)

A modellezési folyamat (lásd **2.15. ábra**) végrehajtását a feladat kitűzésének alapos tanulmányozásával kezdjük. Ez adja lényegében a megoldási folyamat bemenetét.

A feladat megértése után a következő lépés a formaelemzés. A folyamat ezen részének célja a modell gondolatbeli szétbontása részmodellekre, valamint az alkalmazandó modellezési eljárás megválasztása. Egy feladatot általában több módon is elkészíthetünk, tehát lényegében több lehetséges megoldási algoritmus adódik. Az alternatívák közül azt kell kiválasztanunk, amely a legrövidebb úton nyújtja a feladat megoldását. Összetett testek esetén – különösen a tanulás kezdeti szakaszában – ajánlott a formaelemzést szabadkézi vázlatként is elkészíteni, ahol a végrehajtás fázisait szerepeltetjük.

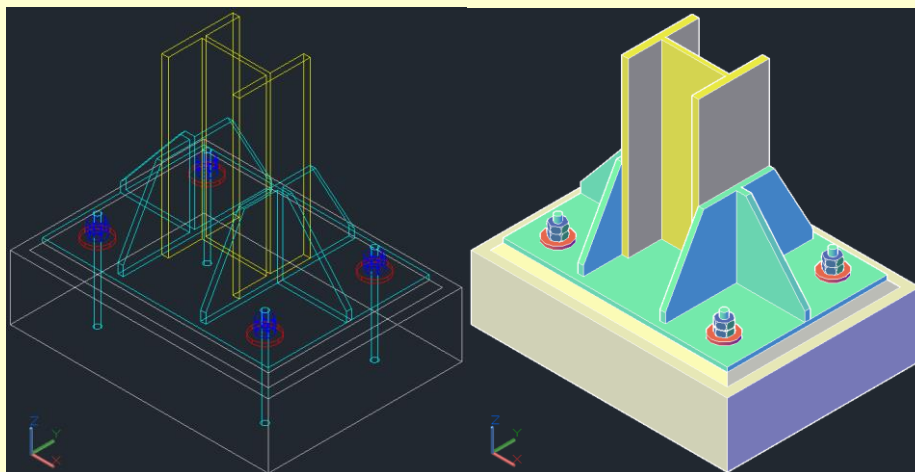
A megoldási tervben szereplő lépéseket iteratív módon addig hajtjuk végre, amíg az objektumot definiáló részmodellek el nem készülnek. A ciklikus rész tevékenységsorának elején részletező formaelemzést végzünk, ahol meghatározzuk a részmodellt alkotó primitíveket, illetve a rajtuk elvégzendő esetleges módosító, szerkesztési és kompozíciós műveleteket. Majd a megfelelő nézet beállítása és a szükséges *FKR* transzformáció után a tervet implementáljuk.

Az iteratív lépéssor után a részmodellek kompozíciójával kapjuk a feladat megoldását. A modellezési munka befejeztével praktikus beállítani a szemléletes megjelenítést biztosító árnyalásmódot.

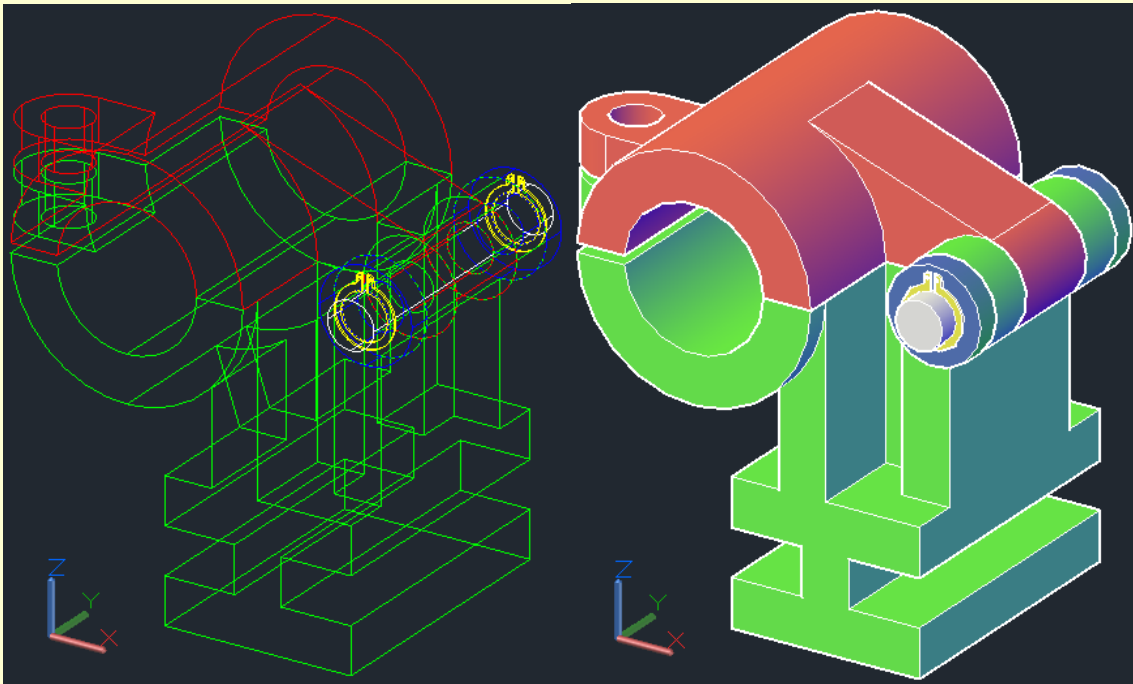
## 2.5 Összetett modellek létrehozása 3D-szerkesztési műveletek alkalmazásával

A bonyolult geometriai modellek esetén a részmodellek kidolgozásakor különféle szerkesztési műveleteket is szükséges végrehajtani, melyekkel manipulálhatjuk az alaksajátosságokat és a térfogatjellemzőket (pl.: letörés, lekerekítés, kiosztás, léptékezés), illetve a határoló síklapokat és görbe felületelemeket (pl.: lapok kihúzása, eltolása, szűkítése, héj készítése). (Varga, 2002)

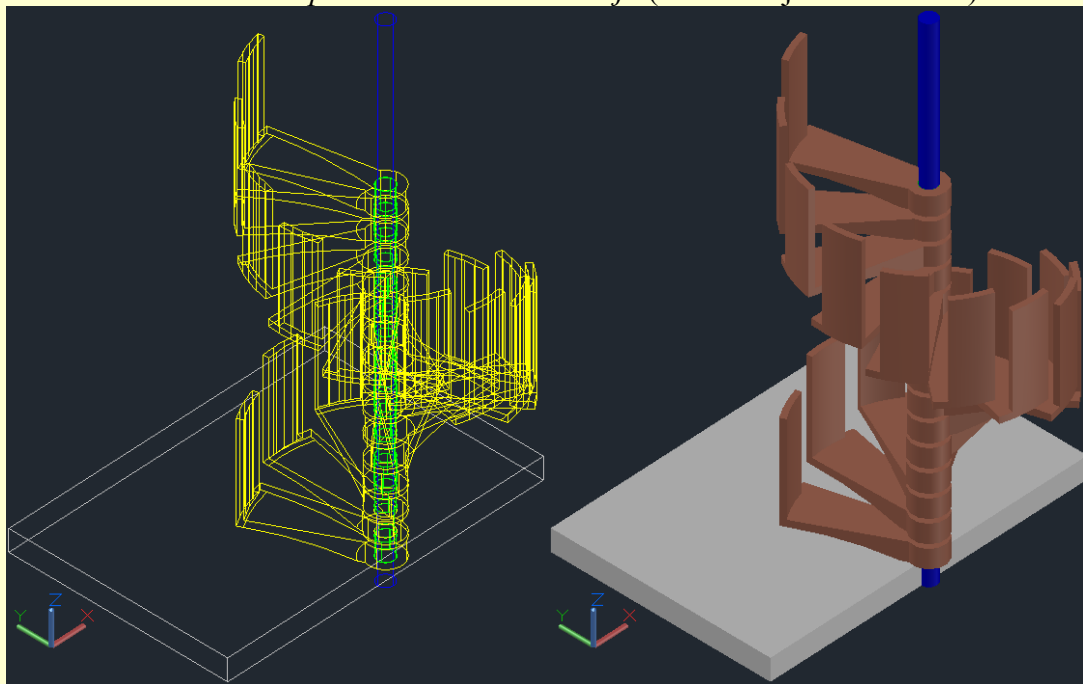
Az alábbiakban példaként bemutatott mintarajzok a modellezési eljárások és szerkesztési műveletek szisztematikus alkalmazásával készültek. (lásd 2.16, 2.17, 2.18. ábrák)



**2.16. ábra:** Épületszerkezettani modell (Forrás: saját szerkesztés)



2.17. ábra: Gépészeti alkatrész modellje (Forrás: saját szerkesztés)



2.18. ábra: Lépcsőelemekből összeállított csigalépcső modellje (Forrás: saját szerkesztés)

### 3 Az elektronikus tananyag keretrendszer fejlesztésének bemutatása

A hatékonyan használható elektronikus tananyag sikeres létrehozásának kulcsfontosságú meghatározói: a megfelelő tartalom kidolgozása és a hozzá illő kezelői felület kialakítása. A fejezetben szeretném bemutatni ezen összetevők rendszerbe illesztésének egy lehetőségét. A tananyag keretrendszerét az *Autodesk* által fejlesztett *AutoCAD* programhoz illesztettem. A szoftver általánosan elterjedt a műszaki gyakorlatban, kezelési komfortjának köszönhetően

ideális a testmodellezési alapkészségek megszerzéséhez, valamint ingyenesen elérhető az oktatási verziója a pedagógusok és tanulók számára.

### 3.1 A pedagógiai módszer megválasztása

A pedagógiai módszer meghatározza az eredmények elérése érdekében alkalmazott kommunikációs formát, egységes eszközöket, technikákat és formalizmust biztosít az oktatási anyag összeállításához (Simon, 2005). A módszer kialakításánál a fő szempont az elektronikus tananyag koncepció megvalósítási céljának minél nagyobb mértékben történő teljesítése volt.

A tananyag logikai és szerkezeti egysége a feladatlap, amely a kiválasztott témakör gyakorlati felhasználását egy mintafeladaton keresztül mutatja be. A feladatlap elérhetősége az *AutoCAD* alaprendszerben integráltan biztosított. A felhasználó a feladat kitűzésének megismerése után, a keretrendszer által biztosított eszközök segítségével kidolgozhatja a megoldást.

A feladatlapokon bemutatott megoldási folyamat lépésekre van bontva. Az egyes lépések feltételezett helyes felhasználói reakciója adja a következő megoldási szakasz alapját. Tagolásuk általában megegyezik a feladat során használandó *AutoCAD* parancsok megfelelő sorrendben történő alkalmazásával, azaz egy lépés többnyire egy parancs futtatása közbeni teendőket foglalja össze. Gyakran előfordul, hogy egy lépésben több funkció indítása is szerepel, ilyenkor általában – a megoldási folyamat logikája szerint – szoros a köztük fennálló kapcsolat, esetleg egy parancs többszöri futtatásáról van szó.

### 3.2 A feladatlapok kialakítása

A feladatlapok számítógépes megvalósítása során olyan hordozófelületre volt szükség, amely az oktatási módszer által támasztott, illetve a modern felhasználói igényeket a legnagyobb mértékben tudja kielégíteni. Ezen igények fontosabb sarokpontjai a következők:

- *Microsoft Windows* környezet.
- Széleskörű formázási lehetőségek.
- Ábrák megjelenítése.
- Hivatkozások kezelése.
- Programozott funkciók végrehajtása.
- Alacsony háttértár igény.
- Gyors futtatási sebesség.

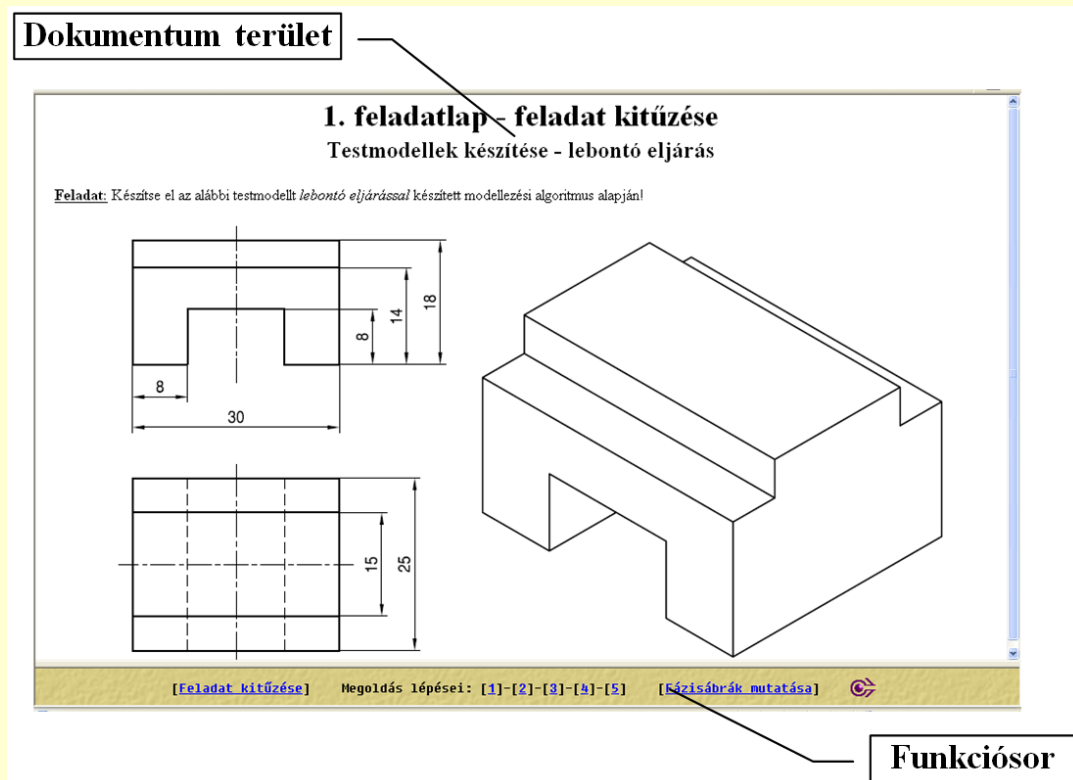
A felsorolt elvárásoknak a leginkább a *HTML* alapú technológia felel meg. További előnyt jelent, hogy a *WEB* tartalommal rendelkező dokumentumok futtatásához nem szükséges



egyéb programokat telepíteni, hiszen a *Microsoft Windows* operációs rendszerhez szállított *Microsoft Internet Explorer*, illetve a *Microsoft Edge* használatával egyszerűen kezelhetők.

### 3.2.1 A feladatlap dokumentum szerkezeti felépítése


A feladatlapokat megjelenítő *HTML* dokumentumok tartalmazzák a feladatok leírását és a megoldás menetét. Általános felépítésüket a **3.1. ábra** mutatja.



**3.1. ábra:** *Feladatlap felépítése* (Forrás: saját szerkesztés)

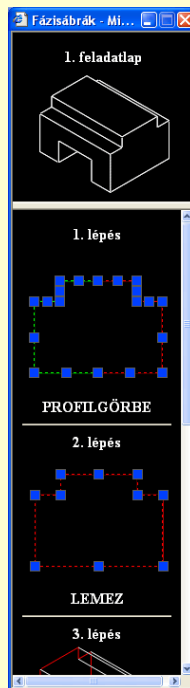
A feladatlapok két *frame*-ből tevődnek össze. A felső rész a *Dokumentum terület*, itt található a feladat megoldására vonatkozó információk. Ezek lehetnek ábraszerű vagy szövegszerű megjelenítésűek. Tartalmukat illetően lehetnek képernyő pillanatképek, parancssori szövegek, magyarázó ábrák, általános ismertetőik.

A *Funkciósoron* hiperhivatkozások helyezkednek el, ezek egy-egy dokumentumra mutatnak. A *Dokumentum terület* aktuális tartalma váltogatható a használatukkal. A megoldás előnye, hogy a tanuló a feladatlap lépéseinek áttekintése közben végig ugyanazt az ablakot használja, ezáltal időt takaríthat meg. Általános esetben az alábbi összetevők alkotják:

- *Feladat kitűzése* - A feladat megfogalmazását tartalmazó dokumentum megjelenítése.
- *Megoldás lépései* - Az adott lépést leíró dokumentumot tölti be.
- *Fázisábrák mutatása* - Megjeleníti a megoldás lépéseit tömören, fázisábrákkal.
-  - A megoldás menetét egy videó bejátszáson kísérhetjük végig.

### 3.2.2 A Lépésmutató ablak ismertetése

A *Lépésmutató* egy nagyon hasznos segédeszköze a megoldási folyamatnak, lényegében a modellezési algoritmus meghatározó szakaszait mutatja be fázisábrák, kulcskifejezések segítségével. A feladatlapok funkciósorából indítható. Tulajdonképpen nem más, mint egy speciális, *frame*-szerkezetű, *HTML* forrású ablak. A szerkesztési műveletek alatt is a képernyőn tartható osztott nézetben. Ezt a feladatlapokhoz tartozó eszköztárakról lehet vezérelni. (lásd **3.2. ábra**)



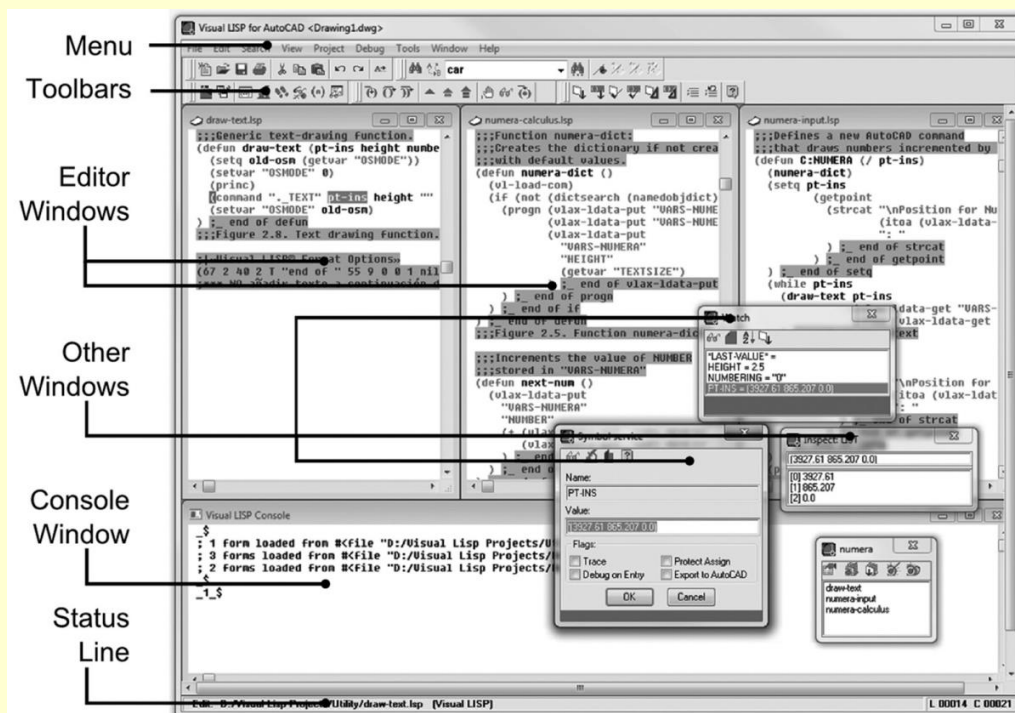
**3.2. ábra:** A *Lépésmutató* ablak (Forrás: saját szerkesztés)

Az ablak felső részében a feladat megfogalmazásának a tömörített változata szerepel. Az adatok megjelenítési formája függ a feladattól, lehet normál szöveg, matematikai kifejezés, vagy ábra. A *frame* tartalmát nem lehet elcsúsztatni, ezek az információk mindig láthatók.

Az ablak alsó felében a megoldás menete található fázisábrákkal illusztrálva, lépésenkénti lebontásban. A lépések tagolása megegyezik a feladatlapokon lévővel. Görgetősáv segítségével mozgatható a *frame* tartalma, mindig az aktuális lépés szerinti részt láthatóvá téve. Az információ megjelenítési formája lehet szöveges vagy ábraszerű.

### 3.3 A keretrendszer kialakítása és szolgáltatásainak rendszere

A keretrendszer feladata az elektronikus tananyag *AutoCAD*-be integrálása. Segítségével a tanuló a tervezőszoftverben megszokott módon érheti el az oktatócsomag szolgáltatásait. A koncepció előnye, hogy a tanuló figyelmét nem kell megosztani az *AutoCAD* és egy eltérő módon működő keretrendszer között. A legkézenfekvőbb választásnak az *AutoCAD* saját fejlesztőrendszere (*Visual LISP*, *VBA IDE*) bizonyult, mivel a fejlesztés kivitelezési fázisának végére az elvárt eredményeket garantálni tudta, ugyanakkor biztosította a fejlesztési komfortot is. (lásd **3.3. ábra**)



3.3. ábra: A Visual LISP for AutoCAD integrált alkalmazásfejlesztő környezet (forrás: Togores, 2012)

A programok által biztosított funkciók felhasználók számára is hozzáférhető részét nevezzük szolgáltatásnak. Az elektronikus tananyagot magában foglaló programcsomag működéséhez egy futásidejű modul megléte is szükséges. Ezt megtaláljuk az *AutoCAD*-be integrálva, mint alkalmazás támogató alrendszer. A szolgáltatások tehát az előbb említett alrendszer közreműködésével érhetők el.

A feladatlapok, illetve a megoldási folyamatot bemutató videó állományok az *AutoCAD* rendszer nélkül is elérhetők a *Start* menüből.

A program szolgáltatásai az alábbi eszközök segítségével vehetők igénybe:

- Parancssor;
- Legördülő menü;
- Eszköztár.

### 3.3.1 A parancsablak használata

Az *AutoCAD* parancssorán keresztül egyszerűen, szöveges formában lehet hivatkozni a rendszer által ismert parancsokra.

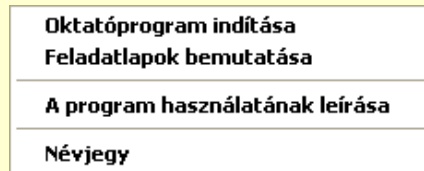
Ha az oktatórendszer elemei telepítve vannak, akkor a *Feladatválasztó ablak* előhívásának az egyik módja, hogy beírjuk a parancssorba a művelet kezdeményező utasítást a következők szerint:

**Command: cadokt <ENTER>**

A parancs kiadása után megjelenik a párbeszédablak, a további opciókat már itt kell megadni.

### 3.3.2 A legördülő menü

A szoftvercsomag installálása és az ezt követő első indítás után az *AutoCAD* aktív menüsora egy új elemmel bővül. Beintegrálódik oda egy *CADOKt* nevű menüpont. Ez a **3.4. ábra** szerinti tételeket tartalmazza:



**3.4. ábra:** *Az alkalmazás saját menüje* (Forrás: saját szerkesztés)

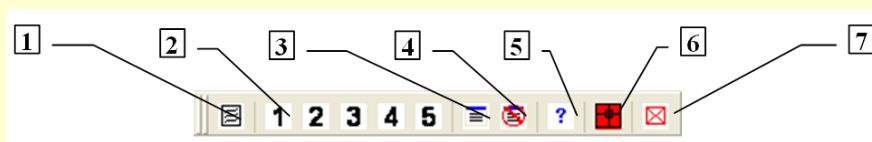
A menütételek értelmezése a következő:

- *Oktatóprogram indítása* – Hatása megegyezik a *cadokt* parancssal, elindítja a Feladatválasztó ablakot.
- *Feladatlapok bemutatása* – Megnyit egy *WEB* dokumentumot, amelyben hivatkozások találhatóak a feladatlapokra.
- *A program használatának leírása* – Tartalmazza a kezelési leírást, illetve egy alkalmazási példát.
- *Névjegy* – Megjeleníti a névjegyet.

### 3.3.3 Az eszköztár

Az eszköztáron egy adott feladatlap megoldásában segítő funkciók vannak összegyűjtve. Minden feladatlaphoz külön eszközsor tartozik, ami specifikusan összefogja a feladat kezdésétől a befejezéséig a munka menetét. (lásd **3.5. ábra**)

A *Feladatválasztó ablak* beállításaitól függetlenül, ha kiválasztottuk a megoldandó feladatot és elfogadtuk azt, akkor betöltődik hozzá a megfelelő eszköztármenü is. Ez mindaddig aktív státuszban lesz, amíg nem kezdeményezzük annak az eltávolítását. Olyan esetekben hasznos ez a funkció, ha a feladatlapok megoldása még nincs teljesen kész, de ki szeretnénk lépni az *AutoCAD*-ből és később szeretnénk folytatni a megkezdett munkát. A rendszerbe történő következő belépéskor az eszközsor még mindig aktív lesz, így egyszerűen befejezhetjük a feladatot.



**3.5. ábra:** *Egy feladathoz tartozó eszközsor* (Forrás: saját szerkesztés)

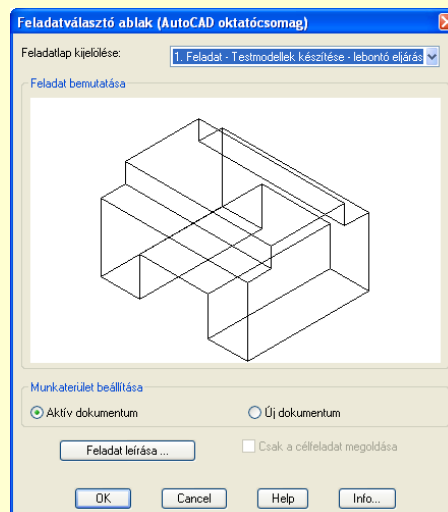
Az eszközsor elemeinek a rövid magyarázata az ábrafeliratok alapján:

1. Megjeleníti a feladat kitűzését tartalmazó dokumentumot.
2. A gombon olvasható szám szerinti lépést leíró dokumentum betöltése.
3. Az *AutoCAD* ablakának a lépésmutatóhoz (*fázisábrák*) igazítása (*osztott nézet*).

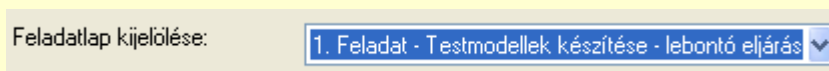
4. Az *AutoCAD* ablak maximalizálása.
5. Az adott feladatlapban használatos parancsok magyar nyelvű referenciáinak megjelenítése.
6. A feladat megoldását tartalmazó rajz megnyitása (új *AutoCAD* ablak).
7. Eszköztár eltávolítása a képernyőről.

### 3.3.4 A Feladatválasztó ablak összetevői

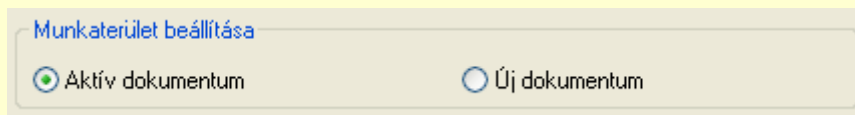
A párbeszédablak feladata, hogy segítségével ki tudjunk választani egy megoldandó feladatlapot és a működési paramétereket. Az *OK* gomb hatására betöltődik a kiválasztott elem, azonban a *CANCEL* gomb választása esetén érvénytelenek lesznek az ablak beállításai és visszatérünk az indítást megelőző állapotra. Ha a *HELP* gombra kattintunk, akkor megjelenik a párbeszédablakra vonatkozó súgó. Az *INFO* parancsgomb megmutatja a program névjegyt. (lásd **3.6. ábra**)



**3.6. ábra:** *Feladatválasztó ablak* (Forrás: saját szerkesztés)  
A *Feladat bemutatása* mezőben mindig egy, a feladatot ábrázoló kép látható.



**3.7. ábra:** *Feladatlap kijelölése* (Forrás: Saját szerkesztés)  
A *Feladatlap kijelölése* feliratú zóna egy lenyíló listát tartalmaz, ahol fel vannak sorolva az elérhető feladatlapok. Ezek közül mindig csak egy lehet kiválasztva. (lásd **3.7. ábra**)



**3.8. ábra:** *Munkaterület beállítása* (Forrás: saját szerkesztés)  
A *Munkaterület beállítása* csoportban két rádiógomb található, amelyek közül egyszerre csak egy lehet bejelölve. Azt állíthatjuk be, hogy a kiválasztott feladatlaphoz új rajzi dokumentumot nyisson az *AutoCAD* vagy az éppen aktív rajzot szeretnénk használni. (lásd **3.8. ábra**)

**3.9. ábra:** *Feladat leírása parancsgomb* (Forrás: saját szerkesztés)

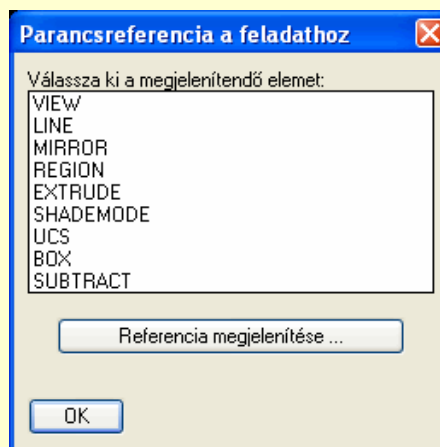
A *Feladat leírása ...* gombra kattintva megjelenik a kiválasztott feladatlap leírása *HTML* formátumban. Megnézhetjük a feladat lépésenkénti megoldását is a lapon navigálva. A párbeszédablak ez idő alatt végig nyitva marad. (lásd **3.9. ábra**)

**3.10. ábra:** *Csak a célfeladat megoldása kijelölő négyzet* (Forrás: saját szerkesztés)

A *Csak a célfeladat megoldása* kijelölő négyzet nem minden feladatlap esetén elérhető. A csomag tartalmaz olyan összeállításokat, ahol a megoldást egy előre elkészített állásból kezdhetjük. Ha bejelöltük, akkor nem kell a munkafolyamat minden lépését elvégezni, csak a célfeladatra orientál. (lásd **3.10. ábra**)

### 3.3.5 A parancsreferenciát megjelenítő ablak

A párbeszédablak segítséget nyújt a feladatok megoldása során a parancsok helyes használatában. A megoldáshoz szükséges parancsok *teljes, magyar nyelvű*, az *Autodesk* által biztosított referenciája elérhető általa. A listán az alkalmazás sorrendjében láthatók a parancsok. (lásd **3.11. ábra**)



**3.11. ábra:** *Parancsreferencia a feladathoz ablak* (Forrás: saját szerkesztés)

Használata során a listából válasszuk ki a megtekinteni kívánt elemet, majd kattintsunk a *Referencia megjelenítése ...* feliratú parancsgombra. Hatására a képernyőn megjelenik a témakör magyar nyelvű ismertetése. Az ablak az *OK* gomb megnyomásával zárható be.

## 3.4 Alkalmazási példa

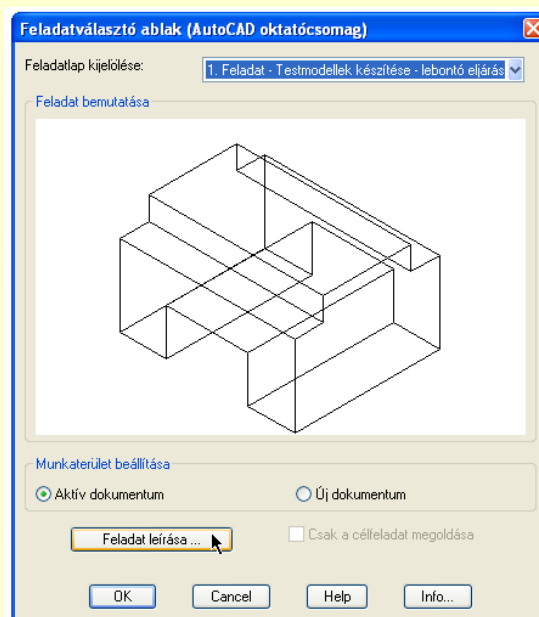
Az alfejezetben szeretném bemutatni a tananyag keretprogram használatát. A feladatlapok megoldásakor a program által nyújtott segédeszközök (*Eszköztár*, *Lépésmutató*) felhasználása rugalmasan kezelhető, mégis ajánlott betartani az itt megfogalmazott formalizmust. Az alábbiakban egy minta feladatlap használatának főbb lépései fognak szerepelni feltételezve, hogy az *AutoCAD* rendelkezésre áll és a programcsomag telepítve van.

Általános esetben a következő lépéseket kell alkalmazni:

- Feladat kiválasztása és betöltése.
- A feladat megfogalmazásának és a lépéseknek az áttanulmányozása a feladatlapon.
- A teljes megoldás menetét bemutató mozgókép állomány áttekintése.
- Lépésmutató aktivizálása, osztott nézet.
- Feladat lépéseinek megoldása a lépésmutató, a feladatlapon található leírás és a referencia segítségével.
- A programcsomagban található előre elkészített, megoldott feladat megtekintése.

### 3.4.1 Feladat kiválasztása és betöltése

A párbeszédablak megjelenítését kezdeményezhetjük a parancssorból a *cadokt* parancs kiadásával, illetve a *CADOkT* menüpontban található *Oktatóprogram indítása* menütel választásával. Ajánlott a feladatmegoldást új rajzi dokumentumban kezdeni. A párbeszédablak beállítása a **3.12. ábra** szerint történik.



**3.12. ábra:** A feladat kiválasztása (Forrás: saját szerkesztés)

A kiválasztás elfogadása előtt legyünk tisztában a pontos feladattal! A megfogalmazást a *Feladatlapon leírása ...* parancsgombra kattintással olvashatjuk el. Nyugtázzuk a műveletet az *OK* nyomógommbal!

### 3.4.2 Feladat megoldásának kivitelezése, segédeszközök használata

Miután betöltődött a feladat, megjelenik egy új eszközsor a segédfunkciók gyors eléréséhez. (lásd **3.13. ábra**)





3.13. ábra: A feladathoz tartozó eszköztár (Forrás: saját szerkesztés)



Fontos a feladat pontos megértése, ezért célszerű részletesen elolvasni a leírását. A dokumentum az eszközsor első gombjával nyitható meg.

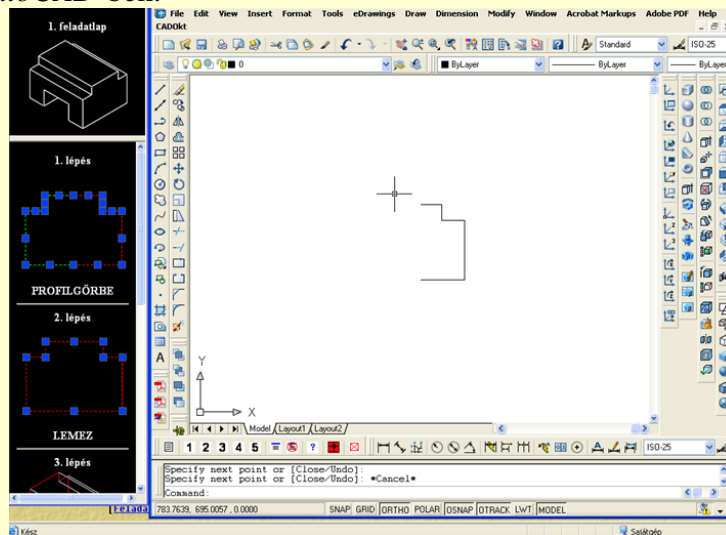


A feladatmegoldás algoritmusának értelmezéséhez hasznos segítséget nyújt a megoldási menetet bemutató videó bejátszás. A feladatlap funkciósorának utolsó ábragombjával tekintsük át a mozgókép dokumentumot. A videó bejátszás ablakának felső részén található vezérlők segítségével a lejátszás bármikor szüneteltethető. A képet kimerevíthetjük, illetve tetszőleges helyre pozícionálhatunk az állományban.

A feladatlap *Funkciósorában* lévő *Fázisábrák mutatása* hivatkozás használatával lehet betölteni a *Lépésmutatót*, ami a további munka menetét tartalmazza vázlatosan.



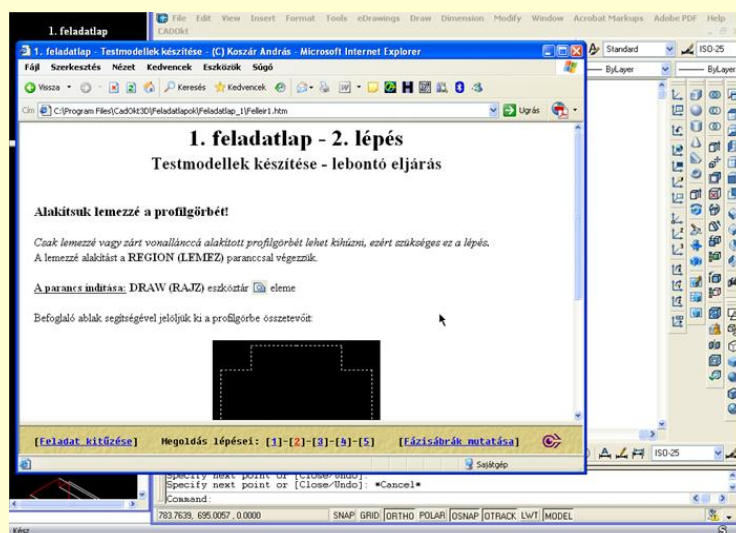
A maximális hatékonyság úgy érhető el, ha a *Lépésmutató* és az *AutoCAD* ablak egyszerre látható a képernyőn, hiszen ekkor a feladat megoldása alatt is a segítségünkre lehetnek a fázisábrák (lásd 3.14. ábra). A funkció a *Lépésmutató megjelenítése* gomb megnyomásával aktivizálható. A munkakörnyezet beállításai után elkezdődhet a megoldás lépéseinek a végrehajtása az *AutoCAD*-ben.



3.14. ábra: Az oktatóprogram munkakörnyezete (Forrás: saját szerkesztés)

1 2 3 4 5

Ha a feladat megoldása közben nem nyújt elegendő segítséget a *Lépésmutató*, akkor az eszközsor számozott gombjainak a használatával elérhetők egy lépésben a feladatlap segítő oldalai (lásd 3.15. ábra). Itt tekinthetők meg a parancssori dialógusok helyes formái.



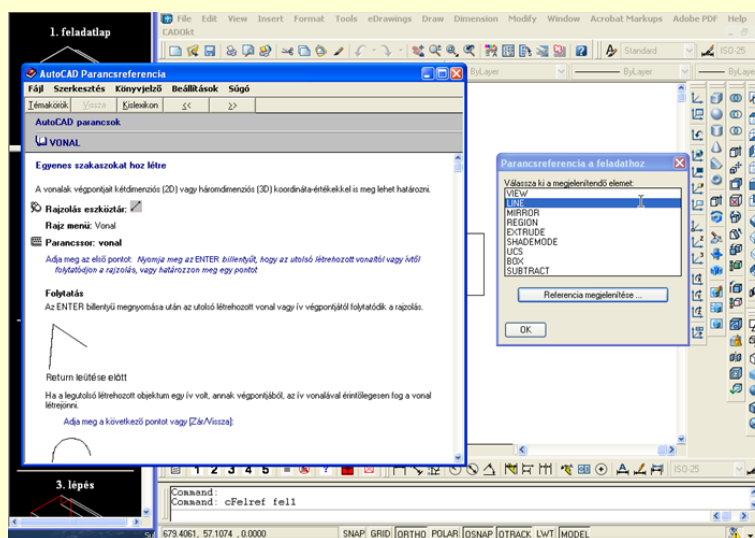
**3.15. ábra:** Segítség a feladathoz (Forrás: saját szerkesztés)

Az *AutoCAD*-hez úgy térhetünk vissza a leggyorsabban, ha a használat után bezárjuk a böngésző ablakot, hiszen az ismételt indítást egyszerűen kezdeményezhetjük a feladathoz tartozó eszköztárról. Így megakadályozhatjuk azt is, hogy egyszerre több példány legyen nyitva egy lapból, valamint időt takaríthatunk meg az ablakok közti felesleges lépegetések elkerülésével.

Tulajdonképpen, a megoldás lépésenkénti végrehajtása egy iteratív, ismétlődő folyamatot jelent, melynek magját az adott lépés ismertetése és a részfeladat felhasználói kivitelezése alkotja.



Előfordulhat, hogy a feladatlapokon lévő segítség nem elégíti ki teljes mértékben az igényeinket, többet szeretnék megtudni egy adott parancsról. Az eszközsoron lévő *Referencia megjelenítése* feliratú gomb megnyit egy ablakot, amelyben kigyűjtve megtalálhatók a feladat végrehajtásához nélkülözhetetlen parancsok. A párbeszédablakból könnyedén előhívhatjuk bármely ott szereplő tételről a magyar nyelvű referenciát. (lásd **3.16. ábra**)



**3.16. ábra:** Referencia megjelenítése (Forrás: saját szerkesztés)

## 4 Összegzés

A komplex modellezési feladatok megoldásának hatékonyságát elsősorban a végrehajtásra fordított időtartam segítségével mérhetjük. A modellezési tevékenység megkezdése előtt el kell készítenünk a megoldás algoritmusát. Ez lényegében egy terv, amely tartalmazza az elvárt eredményhez vezető lépéseket, illetve meghatározza azok sorrendiségét. Általános tapasztalat, hogy az algoritmus megtervezése nélkül lényegesen hosszabb ideig tart a kivitelezés. A megtervezett, és az előkészítés nélküli implementációs fázis hatékonysága közti különbség a feladat összetettségének függvényében növekvő tendenciát mutat. Következtetésképpen nem elegendő, ha a tanulót csak a modellezéshez szükséges eszközök használatára tanítjuk meg. Ki kell alakítanunk azt a szemléletmódot, amely a leghatékonyabb alternatíva megtalálására sarkallja őket.

A helyesen megválasztott alkalmazási példák által megmutathatjuk a diákoknak azokat a megoldási mintákat, amiket – részben vagy egészben – egy összetett feladat kontextusába helyezve eredményesen felhasználhatnak. A feladatok megválasztásánál vegyük tekintetbe a fokozatosság elvét a terjedelem és mélység vonatkozásában is. A tanítási-tanulási folyamat kezdeti szakaszában egyszerűen értelmezhető, néhány elemi lépésből kivitelezhető feladatokat célszerű kitűzni. Ezen a szinten a modellezési cél szempontjából lényegtelen részeket mellőzhetjük. A későbbiekben elsősorban életszerű, a szakmai képzéshez illeszkedő, nagyobb mennyiségű anyag elsajátítását célozzuk meg. Ebben a szakaszban a tanulók fokozódó önállóságát figyelembe véve a lépéseket több elemi műveletet összefogóan tárgyaljuk. A mintafeladatok szerepe tehát, olyan az automatizmusok szintjén megjelenő célzott gondolkodásmód kialakítása, amely az optimális megoldási algoritmus kidolgozására irányul.

Az *AutoCAD* tervezőrendszer 3D alkalmazásának alapjaival ismerkedő felhasználók számára részletesen kidolgozott magyar és angol nyelvű szakirodalom áll rendelkezésre, amely kellő ismeretanyagot hordoz az elméleti háttér alapos elsajátításához. A tervezőszoftver eredményes alkalmazásához azonban gyakorlati ismeretek is szükségesek, ezeket a tárgykörbe tartozó típusfeladatok megoldásával lehet megszerezni. A mindennapi életben a munkavégzés eredményessége nagymértékben függ a ráfordított időtartamtól. Az *AutoCAD*-ben az egyes részfeladatok időtényezőjét a rendelkezésre álló eszközkészlet elemeinek célravezető megválasztásával, a végrehajtás helyes sorrendiségének biztosításával lehet optimalizálni.

A feladatlapok megjelenítésének tervezésekor a fő szempont az egységes, testre szabható és ergonómikus hordozófelület kiválasztása volt. A kitűzött követelményeknek a legteljesebb mértékben a *HTML* forrású dokumentumok feleltek meg. Lényegesnek tartottam az elektronikus tananyag, illetve a tervezőrendszer közvetlen kapcsolatát, mivel így az *AutoCAD* megszokott kezelőfelületén keresztül elérhetővé válnak az oktatószoftver vezérlőelemei is. A kapcsolatot egy *AutoCAD* beépülő alkalmazásként implementált keretrendszer biztosítja.

A bemutatott elektronikus tananyag koncepció fejlesztési céljai tehát, hogy a kitűzött feladatok által gyakorlási lehetőséget biztosítson, valamint a megoldási lépések bemutatásával végigvezesse a tanulót a kivitelezési fázis tevékenységein, melyeknek szisztematikusan végrehajtása során fejleszthetők a számítógépes testmodellezéshez kapcsolódó alapvető készségek.

## 5 Irodalomjegyzék

Aitken, Peter G. (1999): *Programozás Visual Basic 6 nyelven*, Kiskapu Kft., Budapest.

AutoDesk (2013): *AutoCAD Developer's Reference*, AutoDesk, Inc.

Bézier, Pierre (1998): *A View of the CAD/CAM Development Period*, Annals of the History of Computing Volume 20, Number 2.

Fodor Gábor Antal, Szentgyörgyiné Gyöngyösi Éva (2007): *Rajzoljunk CAD programokkal!*, Jedlik Oktatási Stúdió, Budapest.

Kátai László, et al. (2012): *CAD tankönyv*, Typotex Kiadó, Budapest.

Machover, Carl (1987): *MicroCAD Trends – 1980/1990*, 4th Annual International Forum on Microbased CAD, September 23, 1987, North Carolina State University.

Marton László - Pukler Antal - Pusztai Pál (1993): *Bevezetés a programozásba*, NOVADAT, Győr.

Pentelényi Pál (1999): *Az algoritmikus szemléletmód kialakítása és fejlesztése a tanítási-tanulási folyamatban*, Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest.

Pintér Miklós (2002): *Mechanical Desktop Tankönyv és Példatár*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Simon Béláné (2005): *Didaktika – Kézirat*, Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest.

Togores, Reinaldo N. (2012): *AutoCAD expert's Visual LISP*, Reader Support and Feedback Blog

Tóth József - Lászlóné Pozsgai Anna - Háromi Ferenc (1998): *Géprajz, gépelemek*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Dr. Varga Tibor (1996): *Az AutoCAD programozása. AutoLISP, ADS R12-R13*, Computer Studio, Győr.

Dr. Varga Tibor (1999): *AutoCAD AutoLISP AME táblázatok R12-2000*, Computer Studio, Győr.

Dr. Varga Tibor (2000): *AutoCAD 2000 és Release 14 kezdőknek és haladóknak*, Computer Studio, Győr.

Dr. Varga Tibor (2002): *3D geometriai modellezés AutoCAD-ben*, Computer Studio, Győr.

Dr. Varga Tibor (2006): *AutoCAD újdonságok a 2006 verzióban*, Computer Studio, Győr.